Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

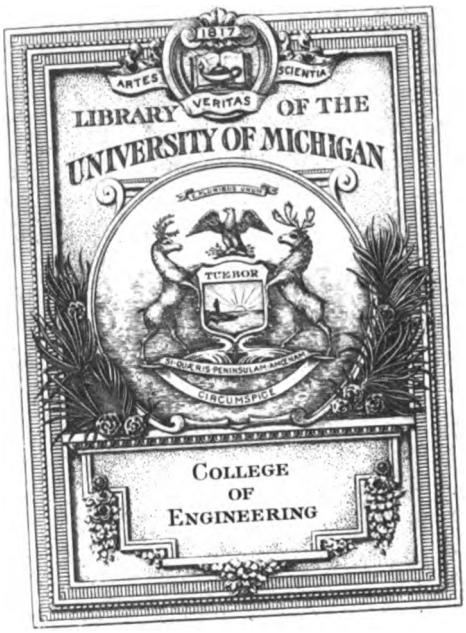
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

C 366132

Digitized by Google



Digitized by Google

TK
3
.E46

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

57. Jahrgang

1936

II. Halbjahr

Berlin

Im Buchhandel durch Julius Springer

1936

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

(II. Halbjahr 1936)

A. Sachverzeichnis.

	Seite		Seite
I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen	3	IV. Verbandsnachrichten	19
II. Persönliches	17	V. Geschäftliche Mitteilungen	20
III. Schrifttum (insbes. Buchbesprechungen)	18		

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. Fachber. = VDE-Fachberichtheft 1936. — Bespr. = Besprechung.

Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl. Weitere Abkürzungen s. Abt. A IV, VDE.

Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen.

Abbildung s. Theoret. Elektrot.
Ableiter s. Überspannungsschutz.
Abschaltvorgang s. Schaltgeräte.
Abschirmung s. Leitungen.
Abstimmungsmesser s. Meßkunde.
Abtaster s. Bildtelegraphie.

Akkumulatoren (s. a. Kraftfahrzeuge).
Akkumulatoren (VDE-Bericht). 786.
Anwendungen der alkalischen Akkumulatoren. Nach J. Salauze. 837.
Wechselbeziehungen zwischen Gleichrichter und Ladetechnik. W. Kafka. Vortr. 897. Fachber. 106.
Der Entladungsvorgang beim Bleisammler. K. Arndt. *1344.

Akustik s. Meßkunde, Techn. Akustik.

Alarmanlagen s. Signalwesen.
Aluminium s. Leitungen, Stoffkunde.
Amt für Technik, Arbeitsgemeinschaften beim —, Gau Schlesien. 1190.
Anlaßtransformator s. Transformatoren.
Antennen s. Funkwesen.
Antrieb s. Bahnbau, Kraftfahrzeuge, Maschinenantrieb, Transformatoren.
Arbeit s. Ständischer Aufbau.

Arbeitsbeschaffung.
Die Elektroindustrie (VDE-Bericht). 757.
Ausbau der Überlandnetze im Rahmen des amerikanischen Arbeitsbeschaffungs-Programms. 1123.
Beschäftigung der deutschen Elektroindustrie im 3. Vierteljahr 1936. 1494.

Arbeitsmessung s. Meßkunde.
Asynchronmaschinen s. Elektr. Masch.
Atmosphäre s. Funkwesen.
Audion s. Funkwesen.

Aufzüge s. Maschinenantrieb.
Ausbildung s. Unterricht.
Ausbreitung s. Funkwesen.
Ausgleichsvorgänge s. Theor. Elektrot.
Auslöser s. Schaltgeräte.
Ausschüsse des VDE s. Abt. A IV.

Ausstellungen und Messen.
Ausstellungen und Messen (VDE-Bericht). 798.
Die Ausstellung zur Tagung der Deutschen Röntgen-Gesellschaft, Wiesbaden 1936. H. Graf. *805.
Leistungsschau der deutschen Wirtschaft auf der Olympiade-Ausstellung „Deutschland", Berlin 1936. 1095.
„Kampf um 1½ Milliarden", Köln. 1096. 1304. 1488.
Die 13. Große Deutsche Rundfunkausstellung, Berlin 1936. G. Krawinkel. *1169.
Die Elektrotechnik auf der Düsseldorfer Gießerei-Fachausstellung. 1358.

Auswuchten s. Elektr. Maschinen.
Außenhandel s. Abt. A V, Gesch. Mitt.
Auszeichnungen s. Abt. A II, Persönl.
Autokühler s. Wärmetechnik.
Automaten s. Schaltgeräte.
Automobile s. Kraftfahrzeuge.

Bäckerei s. Wärmetechnik.
Bahnbau und Bahnbetrieb (s. a. Signalwesen).
— **Anlagen.**
Afrika. 980.
Amerika. 871.
Deutschland. 869. 896. *1023. 1047. *1073. *1113. *1175.
England. 979.
Frankfurt a. M. *1175.

Bahnbau und Bahnbetrieb.
Höllentalbahn. 1047. *1073. *1113.
Italien. 1118. 1186.
Kapstadt. 980.
London. 979.
Lübeck-Büchen. *1023.
New York—Washington. 871.
Österreich. 1092.
Pfrombach. 896.
Saalachwerk. 869.

— **Allgemeines.**
Elektrotechnische Versuchsanstalt der Reichsbahn. 776.
Einführung zur Fachgruppe Elektrische Bahnen. O. Michel. 895. Fachber. 75.
Antriebsleistungen für hohe Geschwindigkeiten. Nach C. J. Wright u. P. A. Mc Gee. 1061.
Fahrzeitgewinn bei elektr. Zugbetrieb. H. Kother. *1313.
Die Wirtschaftlichkeit elektr. Zugförderung. Nach A. M. Wright. 1363.

— **Bahnkraftwerke.**
Kraftwerke (VDE-Bericht). 775.
Unterwerke (VDE-Bericht). 775.
Die Steuerumrichter-Versuchsanlage im Saalachkraftwerk der Reichsbahn. Nach M. Bosch. 869.
Betriebs- und Meßergebnisse der Steuerumrichter-Versuchsanlage. Nach Kasperowski. 870.
Selektivschutz für Einphasen-Wechselstrombahnen. Nach F. Schneider. Vortr. 895. Fachber. 85.
Der Umformer im Kraftwerk Pfrombach. Nach W. Schneider. Vortr. 896. Fachber. 83.
Die Eisengleichrichter-Anlagen der Untergrundbahn in London. A. L. Lunn. 979.

Digitized by Google

Bahnbau und Bahnbetrieb.
Die Stromversorgung des Straßenbahnnetzes der Stadt Frankfurt a. M. F. Lenz. *1175.
— **Fahrleitungen.**
Fahrleitungen (VDE-Bericht). 775.
— **Eisenbahnen.**
— — **Elektrisierung.**
Umfang der Elektrisierung (VDE-Bericht). 774.
Elektr. Betrieb auf der Strecke New York—Washington. Nach W. D. Bearce. 871.
Neue Oberleitungsomnibusse und Bahnelektrisierungen in Italien. 1118. B. 1280.
— — **Lokomotiven und Triebwagen.**
Fahrzeuge (VDE-Bericht). 775.
Fahrzeugprogramm der Deutschen Reichsbahn. 812.
Elektr. und Flüssigkeitsgetriebe für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. H. Koeppen. Vortr. 896. Fachber. 80.
Eine neuartige Stufenschaltung zur Feinreglung. P. Müller. Vortr. 896. Fachber. 76.
Eine butan-elektr. Lokomotive. 930.
Die elektr. Fernsteuerung der doppelstöckigen Stromlinienzüge der Lübeck-Büchener Eisenbahn. P. Mauck. *1023.
Die neueste Entwicklung der elektr. Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der elektr. Fahrzeuge der Höllentalbahn. O. Michel. 1047. *1073. *1113.
Neue dieselelektr. Triebwagen der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB). 1092.
Elektr. Zugheizung. Nach Rauch. 1152.
Gleichstrom-Triebwagen der Italienischen Staatsbahnen. Nach Bianchi. 1186.
l'Dol'-Reichsbahn-Schnellzuglokomotive Reihe E 18. Nach W. Kleinow. 1232.
Dieselelektr. Lokomotive mit 2030 PS-Dieselmotor. Nach F. H. Craton. 1430.
— **Straßenbahnen.**
Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb? Nach W. Stuckhardt. 1066.
Neue amerikanische Straßenbahnausrüstungen. 1455.
— **Bergbahnen.**
Die Personen-Drahtseilbahn am Tafelberge bei Kapstadt. Nach O. H. Hahn. 980.
— **Oberleitungs-Omnibusse.**
Oberleitungsomnibus (VDE-Bericht). 777.
Amerikanisches Fahrzeug für zwei Antriebsarten. Nach M. Schreiber. 948.
Russische Oberleitungsomnibusse. Nach W. N. Konowaloff. 979.
Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb? Nach W. Stuckhardt. 1066.
Neue Oberleitungsomnibusse und Bahnelektrisierungen in Italien. 1118. B. 1280.
Die Entwicklung des Oberleitungsomnibusses. E. Schiemann. *1229.
Oberleitungsomnibusse in Oldenburg. 1326.
Oberleitungsomnibusse in den V. S. Amerika. 1455.

Beeinflussung s. Fernsprechwesen.
Beglaubigungen s. Prüfämter.
Belastung s. Elektrizitätswerke.
Beleuchtung s. Lichttechnik.

Bergbau (s. a. Geologie).
Einige Grundzüge der Funkgeologie. V. Fritsch. *857.
Die Turmförderanlage der Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *967.
Die Schaltanlagen, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *1017.
Lesebandbeleuchtung im Bergbau mit Quecksilberdampflampen. W. Kircher. 1034.
Die Signaleinrichtung und Seilfahrtschaltung der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *1055.
Einführung in die Vorschriften für die Errichtung elektr. Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.). Th. Teinert u. W. Philippi. *1088.
Zur Frequenzabhängigkeit von Drehfeldscheidern. Nach G. Hauffe. 1516.

Berichtigung. 824. 856. 1048. 1104. 1280. 1312. 1368. 1468. 1500.
Besprechungen s. Abt. A III, Schrifttum.
Bestimmungen des VDE s. Abt. A IV.
Bestrahlung s. Theoret. Elektrot.
Betonmaste s. Leitungen.
Bezugsquellenverzeichnis. 824. 880. 1224.

Bildtelegraphie und Fernsehen.
Fernsehen (VDE-Bericht). 785.
Der augenblickliche Stand des Fernsehens. Nach F. Heidenreich. 851.
Anwendungen der Elektronenoptik in der Fernsehtechnik. W. Heimann. Vortr. 900. Fachber. 185.
Tragbare Bildsender. W. Keller. *905. B. 1048.
Wege zu einem Fernsehbetrieb in England. Nach L. E. C. Hughes. 928.
Kaltkathodenstrahl-Lichtabtaster für Fernsehzwecke. Nach W. Schnabel. 1063.
Stand des Fernsehens. 1171.
Technische Einzelheiten über den Fernsehsender auf dem Eiffelturm. Nach D. Barthélemy. 1457.

Blindleistung s. Elektr. Maschinen.
Blitz s. Überspannung.
Blitzableiter s. Überspannungsschutz.
Bogenlampen s. Lichttechnik.
Boote s. Schiffahrt.

Brand.
Feuerschutz in Kraft- und Abspannwerken. Nach Josse. 1514.

Bratröhren s. Wärmetechnik.
Braunsche Röhre s. Meßk., Theoret. Elektr.
Bremsschaltung s. Elektr. Maschinen.

Brennkraftmaschinen.
Der Kohlenstaubmotor. Nach Nägel. 950.

Brücken s. Meßkunde.
Buchbesprechungen s. Abt. A III, Schriftt.
Buchholzschutz s. Transformatoren.
Bügeln s. Wärmetechnik.
Bürdenmesser s. Transformatoren.
Bürsten s. Elektr. Maschinen.

Chemie s. Elektrochemie.

Dämpfe s. Theoret. Elektrot.
Dampfkessel.
Dampfkesselbau (VDE-Bericht). 762.
Der neue Höchstdruck-Dampfspeicher und seine Bedeutung für die Bereitschaftshaltung in der Elektrizitätsversorgung. Musil. Vortr. 893. Fachber. 6.
Betriebserfahrungen mit einem Einphasen-$16^2/_3$ Hz-Elektrodendampfkessel für 1000 kW, 0,2 atü. H. Weinrath. *1261.

Dampfkraftwerke s. Elektr.-Werke.
Dampflampen s. Lichttechnik.
Dampfspeicher s. Dampfkessel, Elektr. Werke.

Dampfturbinen.
Dampfturbinenbau (VDE-Bericht). 762.
Fortschritte im Bau von Dampfturbinen für hohe Drücke und Temperaturen. H. Kurth. Vortr. 893. Fachber. 10.
Die Anwendung des Gleitdruckbetriebes. Melan. Vortr. 893. Fachber. 3.
Über die Ursachen der elektr. Aufladung von Turbinenläufern mittels Dampf. Nach Lisunoff. 1244.
Neue Vorschaltturbinen für die Fisk Street Station. 1428.

Dämpfung s. Leitungen.
Dauermagnet s. Magnetismus.
Dendriten s. Theoret. Elektrot.
Diagramme s. Elektr. Maschinen.
Dickenmessung s. Meßkunde.
Dielektr. Verluste s. Theoret. Elektrot.
Dispersion s. Funkwesen.
Dissertationen s. Abt. A III, Schrifttum.
Doppelspeisung s. Elektr. Maschinen.
Drähte s. Leitungen.
Drahtlose Technik s. Funkwesen.
Drahtseilbahn s. Bahnbau.

Drosselspulen.
Schutzwert von Drosselspulen vor Transformatoren. L. Gerhard. *1262. 1523.
Bemerkenswerte Betriebsergebnisse einer Erdschlußspule 1483.

Druck s. Meßkunde.
Druckerei, s. Wärmetechnik.
Durchfluß s. Meßkunde.
Durchhang s. Leitungen.
Durchschlag s. Theoret. Elektrot.
Dynamomaschinen s. Elektr. Maschinen.

Eichung s. Meßkunde, Prüfämter.
Eingänge s. Abt. A III, Schrifttum.

Einheiten.
Internationale und absolute elektr. Einheiten. J. Wallot. *813.

Eisen s. Hütte, Magnetismus, Stoffkunde, Wärmetechnik.
Eisenbahnen s. Bahnbau.
Elbtunnel s. Maschinenantrieb.

Elektrische Maschinen (s. a. Maschinenantrieb, Regelung, Transformatoren, Überspannung).
— **Allgemeines.**
Elektr. Maschinen und Transformatoren (VDE-Bericht). 763.
Rundfunkstörschutz an elektr. Maschinen und Geräten. W. Schrank. Vortr. *815.

Digitized by Google

Elektrische Maschinen.

Meßgerät zum Auswuchten von Maschinen in ihren eigenen Lagern. Nach E. Grönkvist. 870.

Einführung zur Fachgruppe Maschinen und Transformatoren. Th. Bödefeld. 896. Fachber. 89.

Lüftung eines Turbogenerators. 947.

Von der Arbeit des Chemikers im Elektromaschinenbau. Nach W. Boller. 1064.

Geräuscherscheinungen bei elektrischer Energieumsetzung. Nach E. Lübcke. 1239.

— **Theorie und Entwurf.**

Erfahrungen mit der Läuferisolation von Turbogeneratoren. Kneller. Vortr. 896. Fachber. 94.

Isolationsfragen im Elektromaschinenbau. Kroker. Vortr. 897. Fachber. 97.

Messen der Zusatzverluste bei Induktionsmaschinen. Nach Th. Morgan, V. Siegfried. 1117.

Einschaltüberspannungen in elektr. Maschinen. Nach J. F. Calvert u. F. D. Fiedler. 1183.

Messung der Oberflächentemperatur von Maschinen. Nach B. B. Ray. 1240.

— **Mechanischer Aufbau.**

Die Entwicklung der Kranmotoren. A. Graf. *983. *1038.

— **Bürsten und ihr Verhalten.**

Zur Physik des Schleifkontaktes. Die Stromwendung. Nach F. Schröter. 927.

Stromwender und Bürstenpflege. A. Schliephake. *1049.

— **Gleichstrommaschinen.**

Gleichstrommaschinen (VDE-Bericht). 763.

Schnellaufende Gleichstrom-Pendelgeneratoren. 764.

Speisung und Regelung von Gleichstrommotoren durch gittergesteuerte Gleichrichter. 765.

Besonderheiten bei der Regelung von Gleichstrommotoren durch Stromrichter. M. Stöhr. Vortr. 898. Fachber. 133.

Nutenquerfeld und Stromverdrängung während der Stromwendung bei Gleichstrommaschinen. Nach A. Koos. 1183.

— **Wechselstrommaschinen, Allgemeines.**

Drehstrommaschinen (VDE-Bericht). 763.

— **Synchronmaschinen.**

Drehmomente und ihr Verlauf bei Kurzschlüssen. Winkelsträter. Vortr. 896. Fachber. 90.

Über die Läuferisolation von Turbogeneratoren. Ch. Kneller. Vortr. 896. Fachber. 94.

Die synchrone Blindleistungsmaschine von 20 000 kVA des Werkes Creney. Nach M. Barrère. 1091.

Zahnradgetriebe für Wassergeneratoren. Nach A. Engström. 1350.

— **Asynchronmaschinen.**

Stromverdrängungsmotoren mit Ein- und Mehrnutläufern. Eindringtiefe. Nach H. Heß. 835.

Einfache Messungen zur Ermittlung der Streublindwiderstände des Ständers von Kurzschlußläufermotoren. Nach A. Schanz. 836.

Das Kreisdiagramm der elektr. Welle. T. Schmitz. *911.

Fortschritte im Bau von Drehstrommotoren. Nach L. H. A. Carr. 1209.

Elektrische Maschinen.

Asynchroner und synchroner Betrieb der allgemeinen, doppelt gespeisten Drehstrommaschine. Nach A. Leonhard. 1210.

Das Bremsmoment der Bremsschaltung von SSW. Nach W. Schuisky. 1239.

Eine neue Bremseinrichtung für Drehstrommotoren. Nach O. Deißler. Vortr. 1496.

Anwendung der Methode der symmetrischen Komponenten auf unsymmetrische Ständerschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren. Nach H. Jordan. 1512.

— **Wechselstrom-Kommutatormasch.**

Drehstrom-Nebenschlußmotor zum Antrieb von Zentrifugen. 1354.

— **Umformer.**

Bau von Gleichstrom-Schweißumformern. 764.

Betriebserfahrungen mit dem Pfrombach-Umformer des Bayernwerkes. W. Schneider. Vortr. 896. Fachber. 83.

Netzkupplung mit umlaufenden Maschinen. H. Happoldt. * 1291.

Elektrisierung s. Bahnbau, Energiewirtschaft.

Elektrizitätswerke (s. a. Bahnbau, Brennkraftmaschinen, Dampfkessel, Dampfturbinen, Energiewirtschaft, Fernmessung, Hochfrequenztelephonie, Leitungen, Schaltanlagen, Wasserturbinen u. Abt. A V, Gesch. Mitt.).

Creney. 1091.

Deutschland. 842. 869. 896. 1032. 1358. Fachber. 83.

Frankreich. 1091.

Harz. 842.

Österreich. 842.

Pfrombach. 896. Fachber. 83.

Potsdam. 1032.

Rostin. 1358.

Saalachkraftwerk. 869.

Wien. 842.

— **Allgemeines.**

Dampfkraftwerke (VDE-Bericht). 761.

Wasserkraftwerke (VDE-Bericht). 762.

Einführung zur Fachgruppe Kraftwerke. A. Menge. 893. Fachber. 1.

— **Anlagen (Beschreibung und Entwurf).**

— — **Wasserkraftwerke.**

Neue Talsperren im Ostharz mit Wasserkraftnutzung. Nach Winter. Vortr. 842.

Unterwasserkraftwerk Rostin in Pommern. 1358.

— — **Wärmekraftwerke.**

Höchstdruck-Dampfspeicheranlage im Elektrizitätswerk Wien. Musil. 842.

— — **Windkraftwerke.**

Zur Frage der Windkraftwerke. Nach J. W. van Heys. Vortr. 1237.

— — **Unterwerke.**

Die Steuerumrichter-Versuchsanlage im Saalachkraftwerk der Reichsbahn. Nach M. Bosch. 869.

Betriebs- und Meßergebnisse der Steuerumrichter-Versuchsanlage. Nach Kasperowski. 870.

— **Belastungsverhältnisse.**

Die Anwendung des Gleitdruckbetriebes. H. Melan. Vortr. 893. Fachber. 3.

Elektrizitätswerke.

Der neue Höchstdruck-Dampfspeicher und seine Bedeutung für die Bereitschaftshaltung in der Elektrizitätsversorgung. L. Musil. Vortr. 893. Fachber. 6.

Verbesserung der Belastungsverhältnisse eines Bürohauses durch Einbau einer Kasino-Großküche. 1102.

Elektrizitätswerksbetrieb in V. S. Amerika. 1343.

Die mathem. Behandlung der Form der Belastungskurve im Zusammenhang mit der Verlustdauer der Stromwärmeverluste unter besonderer Berücksichtigung des cos φ. Nach W. Wichmann. 1363.

— **Parallelbetrieb von Kraftwerken.**

Zusammenarbeit von öffentlichen Elektrizitätswerken und Industriekraftwerken. C. Th. Kromer. Vortr. 893. Fachber. 13.

Techn. Umgestaltung kleiner Werke bei Anschluß an Verbundbetriebe. W. v. Mangoldt. Vortr. 893. Fachber. 22.

Starre und nachgiebige Netzkupplung. W. Seiz. *1281.

Leistungsregelung bei Kupplung von Netzen verschiedener Stromart. K. Schmer u. W. Stäblein. *1286.

— **Verschied. techn. Betriebsfragen.**

Die Symmetrierung unsymmetrisch belasteter Drehstromnetze durch ruhende Ausgleichkreise. V. Aigner. *971. *997.

Erdungs- und Erdschlußprobleme in Hochspannungsnetzen. Nach A. van Gastel. 1181.

Die Wellenglättung schwachbelasteter Mittelspannungsnetze durch Phasenschieberkondensatoren. Nach H. Schulze. 1305.

Kabelbetrieb. E. v. Wiarda. *1401.

Prüfgerät zur Erdung und Nullung. P. M. Pflier. *1425.

Feuerschutz in Kraft- und Abspannwerken. Nach Josse. 1514.

— **Geschäftlich-Wirtschaftliches.**

Organisationsfragen im Kraftwerksbetrieb. Nach W. Ellrich. 950.

Der Einfluß des cos φ bei Belastungsänderungen auf die Gestehungskosten der elektr. Arbeit. H. Marzahl. *951. *1007.

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke. 1361.

— **Tarifwesen.**

Über Anwendungen des Festmengen-Meßprinzips in Meß-, Zähl-, Schalt- und Regelgeräten. F. Ferrari. *919.

Tarife in V. S. Amerika. 1344.

Zum Festmengentarif. A. Schwaiger. *1489.

Elektrizitätswirtschaft s. Energiewirtsch.

Elektrizitätszähler s. Meßkunde.

Elektroakustik s. Techn. Akustik.

Elektrochemie.

— **Allgemeines.**

Aufgaben des Ingenieurs in der chemischen Industrie. Nach Jähne. Vortrag. 950.

Von der Arbeit des Chemikers im Elektromaschinenbau. Nach W. Boller. 1064.

Minimalspannung für Ozonbildung durch Elektronenstoß. Nach F. Krüger u. Ch. Zimmermann. 1244.

Digitized by Google

Elektrochemie.

— **Elektrolyse.**

Speisung von Elektrolyseanlagen durch Stromrichter. 765.

Elektrolytische Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen. Nach Fischer. Vortr. 950.

Die Entwicklung der elektrolytischen Zinkerzeugung in den V. S. Amerika. 1214.

Elektrolytische Korrosionen an elektr. Installationsanlagen durch Einzelelementbildung. W. Wieseler.*1345.

Elektrolytische Bestimmung der nichtmetallischen Einschlüsse in den Stählen. Nach L. Bihet. Vortr. 1357.

Elektrodendampfkessel s. Wärmetechnik.
Elektrofahrzeuge s. Bahnbau, Kraftfahrz.
Elektroindustrie s. Abt. A V, Gesch. Mitt.
Elektrolyse s. Elektrochemie.
Elektromobil s. Bahnbau.
Elektronenoptik s. Theoret. Elektrot.
Elektronenröhren s. Funkwesen, Meßkunde, Röhren, Theoret. Elektrotechn., Verstärkertechnik.
Elektronenstoß s. Elektrochemie.
Elektroofen s. Wärmetechnik.
Elektrostatik s. Theoret. Elektrot.
Elektrotechn. Verein s. Abt. A IV.
Elektrowärme s. Wärmetechnik.
Eloxal s. Stoffkunde.
Empfänger s. Funkwesen.

Energiewirtschaft (s. a. Elektr.-Werke).

— **Wasserwirtschaft.**

Die Wasserkräfte Nordamerikas. 1359.

Die Bedeutung des Wasserkraftausbaues im Rahmen der deutschen Energiewirtschaft. K. Wagner. *1459.

— **Elektrizitätswirtschaft.**

— — **Allgemeines.**

Elektrisierung dünnbesiedelter Gebiete. W. Bolling. Vortr. 893. Fachber. 18.

Stromversorgung der Industrie durch öffentl. Elektrizitätswerke und Eigenanlagen. Nach C. Th. Kromer. Vortr. 950.

— — **Deutschland.**

Die Elektrizitätswirtschaft (VDE-Bericht). 760.

Einführung zur Fachgruppe Bau und Betrieb von Netzen. A. Kolb. Vortr. 893. Fachber. 17.

Das Steuerprivileg der öffentlichen Hand in der Elektrizitätswirtschaft. Nach W. Sand. 1249.

Erzeugung und Verbrauch elektr. Arbeit in Deutschland. 845. 1361.

— — **Übriges Europa.**

Die Elektrizitätsversorgung der UdSSR. in den Jahren 1933/34. K. A. Pohl. *843.

Tagesprobleme der englischen Elektrizitätswirtschaft. 953.

Der Elektrowärmeverbrauch in den Haushaltungen, Hotels, Bäckereien und Konditoreien der Schweiz im Jahre 1934. 953.

Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Ungarns in den Jahren 1929 bis 1933. E. Wilczek. 1065.

Der künftige Strombedarf Schwedens. Nach W. Borgquist. 1066.

Die Elektrizitätswirtschaft in der Tschechoslowakei. G. W. Meyer. *1121.

Der Energieverbrauch bei der Eisengewinnung in Schweden. 1122.

Energiewirtschaft.

Verbrauch elektr. Energie in schweizerischen Haushaltungen, Hotels, Restaurants, Bäckereien und Konditoreien im Jahre 1935. 1492.

— — **Amerika.**

Der Staat Jowa in den V. S. Amerika fördert den Ausbau seiner landwirtschaftl. Stromversorgung. 1067.

Kanadas Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1935. E. Reichelt. 1249.

Elektrot. Aufzeichnungen von einer Studienreise nach dem Osten der V. S. Amerika (Energiewirtschaft). H. Wüger. *1343.

— — **Asien.**

Die Elektrizitätswirtschaft Indiens und der angrenzenden britischen Hoheitsgebiete. P. Frhr. v. Stritzl. *1247.

Die japanische Elektrizitätswirtschaft. E. Reichelt. *1360.

Entladung s. Theoret. Elektrot.
Entstaubung s. Gasreinigung.
Entstörung s. Funkwesen.
Entwicklung s. Elektr. Maschinen.
Erdpunktverlagerung s. Leitungen.

Erdschluß und Erdschlußstrom (s. a. Prüfeinrichtungen).

Schutzrelais (VDE-Bericht). 768.

Prüfung von Hochspannungsnetzen durch Verlagern des Erdpunktes, insbesondere mit Rücksicht auf Gefahrenhäufung (Luftgefahr). A. v. Schaubert. Vortr. 893. Fachber. 26.

Einführung zur Fachgruppe Relais und Schutzschaltungen. A. Schmolz. 894. Fachber. 35.

Zweckmäßige Prüfverfahren für den Selektivschutz. L. Rimmark. Vortr. 894. Fachber. 44.

Einrelaisschaltungen des Impedanzschutzes und Schnellschaltmöglichkeit. F. Geise. Vortr. 894. Fachber. 47.

Anforderungen an die Schutzeinrichtungen beim Zusammenschalten von Hochspannungsnetzen. F. Boening. Vortr. 894. Fachber. 35.

Selektivschutz für Einphasen-Wechselstrombahnen. F. Schneider. Vortr. 895. Fachber. 85.

Erdschluß- und Doppelerdschluß-Stromverteilung in elektr. Netzen und ihr Einfluß auf den Schutz. Nach H. Titze. 1031.

Erdungs- und Erdschlußprobleme in Hochspannungsnetzen. Nach A. v. Gastel. 1181.

Ein neuer Abstimmungsmesser für Erdschlußspulen. Nach B. Mengele. 1323.

Bemerkenswerte Betriebsergebnisse einer Erdschlußspule. 1483.

Erdseil s. Überspannungsschutz.
Erdung s. Elektr.-Werke, Leitungen.
Erwärmung s. Elektr. Maschinen.
Explosion s. Schaltanlagen.

Fabrik s. Maschinenantr. u. Abt. A V.
Fahrdiagramm s. Bahnbau.
Fahrzeit s. Bahnbau.
Fahrzeuge s. Bahnbau, Kraftfahrzeuge, Schiffahrt.
Farbfilm s. Photographie.
Fehlwinkel s. Meßkunde.

Feld, elektr., s. Theoret. Elektrot.
— **magn.,** s. Magnetismus.

Fernmeldetechnik s. Bildtelegraphie, Fernsprech-, Funk-, Signal-, Telegraphenwesen, Hochfrequenztelephonie, Leitungen, Röhren, Verstärkertechnik.

Fernmessung und Fernsteuerung.

Fernwirktechnik (VDE-Bericht). 769.

Neue elektr. Übertragungs- und Zähleinrichtung für Durchflußmesser. Nach W. Geyger. 838.

Die Fernschaltanlage des EW Potsdam zum Schalten der Straßenbeleuchtung und von Verbrauchern. Nach W. zur Megede. 1032.

Lichtelektr. Schutz- und Steuerverfahren. 1070.

Das Impulsmesserprinzip und seine Anwendung in neuen Meß- und Überwachungsgeräten der Nachrichtentechnik. Nach R. Bauer. 1240.

Fernrohr, Elektronen-, s. Theor. Elektr.
Fernsehen s. Bildtelegraphie.

Fernsprechwesen (s. a. Funkwesen, Hochfrequenztelephonie, Leitungen, Techn. Akustik, Verstärkertechnik).

— **Allgemeines.**

Fernsprechwesen (VDE-Bericht). 785.

Einführung zur Gruppe Fernmeldetechnik. K. Küpfmüller. 899. Fachber. 166.

Das Fernamt Danzig. Nach H. Rjosk. 1005.

Lichttelephonie. Nach J. W. L. Köhler. 1354.

— **Fernsprechverkehr.**

Das Weitfernsprechen in England. Nach A. C. Timmis. 1269.

Elektr. Schnellnachrichtenverkehr in Deutschland. 1363.

Selbsttätige Zeitansage durch Telephon jetzt auch in London. 1485.

— **Selbstanschlußwesen.**

Die Fernmeldeanlagen auf dem Reichssportfeld. W. Jaekel. *909.

Die Wähltechnik bei der Deutschen Reichspost. Rückblick und Umschau. H. Raettig. *1501.

— **Fernsprechstörungen.**

Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Starkstromanlagen (VDE-Bericht). 785.

Messung von Geräuschspannungen und Starkstromformfaktoren. Nach J. M. Barstow, P. W. Blye u. H. E. Kent. 1212.

Fernsteuerung s. Fernmessung.
Ferromagnetismus s. Magnetismus.
Festigkeit, diel., s. Theoret. Elektrot.
Film s. Photographie, Techn. Akustik.
Filter s. Gasreinigung.
Fleischerei s. Wärmetechnik.
Flimmern s. Lichttechnik.
Flugsicherung s. Funkwesen.
Flugwesen s. Luftfahrt.
Förderer s. Maschinenantrieb.
Formfaktor s. Fernsprechwesen, Meßk.
Formpressen s. Wärmetechnik.
Forschung, Bedeutung, s. Physik.
Freileitungen s. Leitungen.
Frequenzregelung s. Regelung.
Fundamente s. Überstrom.
Funkenstrecke s. Meßkunde, Theor. Elektrotechnik.

Digitized by Google

Funkwesen (s. a. Bildtelegraphie, Hochfrequenztelephonie, Meßkunde, Röhren, Techn. Akustik, Theoret. Elektrot., Verstärkertechnik).

— **Allgemeines.**

Funkwesen (VDE-Bericht). 785.

Einführung zur Fachgruppe Hochfrequenztechnik. J. Zenneck. 900. Fachber. 178.

Die 13. Große Deutsche Rundfunkausstellung, Berlin 1936. G. Krawinkel. *1169.

Beitrag zur Anwendung der Funkmutung nach dem Absorptionsverfahren. V. Fritsch. *1204.

Schiffsfunkversuche auf der Donau. V. Fritsch. 1269.

Sendung und Empfang von Zentimeterwellen. Nach Rice. 1457.

Ein neues Blindlandungsverfahren. Nach J. Baumann u. A. Ettinger. 1486.

Mikrowellenverkehr. Nach W. L. Mc. Pherson u. E. H. Ullrich. 1487.

— **Theorie der Wellenausbreitung.**

Über störungsarmen Rundfunkempfang durch Gemeinschaftsantennen. H. Schindler u. O. Schneider. *801. *829.

Einige Grundzüge der Funkgeologie. V. Fritsch. *857.

Über die Zusammenhänge der atmosphärischen Störungen mit den Schichten der Ionosphäre und deren Bedeutung für die Wetterkunde. G. Leithäuser u. W. Menzel. Vortr. 900. Fachber. 179.

Transatlantische Langwellen-Sprechverbindungen. Nach A. Bailey u. H. M. Thomson. 976.

Langwellen-Ausbreitungserscheinungen in Abhängigkeit vom Aufhören der Sonnenstrahlung. Nach A. Bailey u. A. E. Happer. 980.

Dispersion kurzer elektr. Wellen in festen Körpern. Nach H. Slätis. 1270.

— **Funkverbindungen.**

Transatlantische Langwellen-Sprechverbindungen. Nach A. Bailey u. H. M. Thomson. 976.

— **Rundfunk.**

Der gegenwärtige Stand der rundfunktechn. Einrichtungen in Japan. Nach Y. Yonezawa. 804.

Aufbau einer Zentral-Rundfunkanlage für Großbetriebe. W. Mörs. *993.

Rundfunkteilnehmer in der Welt. 1124.

Die 13. Große Deutsche Rundfunkausstellung, Berlin 1936. G. Krawinkel. *1169.

Elektr. Schnellnachrichtenverkehr in Deutschland. 1363.

— **Rundfunkstörungen.**

Über störungsarmen Rundfunkempfang durch Gemeinschaftsantennen. H. Schindler u. O. Schneider. *801. *829.

Rundfunkstörschutz an elektr. Maschinen und Geräten. W. Schrank. Vortr. *815.

Über Maßnahmen zur Minderung der hochfrequenten Störfähigkeit von Isolatoren. A. Dennhardt. Vortr. 900. Fachber. 182.

Ergebnisse der Londoner Tagung des CISPR-Sachverständigen-Ausschusses vom 19. bis 20. 5. 1936. 948.

Funkwesen.

Entstörung einer Hochspannungsleitung im Bereich von Ortschaften. F. Conrad. *997.

Rundfunkstörungen durch Natriumdampflampen. Nach L. Blok. 1456.

— **Funkstationen.**

Sendeantennen. 1170.

Die Senderzentralen der Reichsflugsicherung. Nach H. J. Zetzmann. 1243.

— **Funksender.**

Die Rundfunk-Kurzwellensendeanlage in Zeesen bei Königs Wusterhausen. A. Semm. *907.

Ein neues Verfahren zur Steuerung von Gleichwellensendern. Nach Vilbig u. Brückmann. 996.

Wirkungsweise der gittergesteuerten Gasentladungsröhre bei ihrer Anwendung als Schwingungserzeuger. Nach P. Drowell. 1458.

— **Funkempfänger.**

Autoempfänger. 1170.

Theorie der unerwünschten Schwingungen in rückgekoppelten Audionschaltungen mit Gitterkreisanzapfung. Nach W. Kautter. 1269.

Prüffeldeinrichtungen zum Abgleich von Rundfunkgeräten bei Massenherstellung. S. Janzen. *1451.

Das Kammermusikgerät. Nach F. Troeltsch u. A. Schaaf. 1456.

— **Verschiedene Funkgeräte.**

Über die Wirkung von leitenden Hüllen bei Hochfrequenzspulen. Nach R. Bachstroem. 840.

Elektr. Weiche. Nach W. Brandt. 1188.

— **Funkpeilung.**

Das Leitkabelverfahren. Nach E. Fromy. 1353.

Galvanometer s. Meßkunde.

Galvanotechnik s. Elektrochemie.

Gase s. Theoret. Elektrot.

Gasentladung s. Lichttechnik, Röhren, Röntgentechnik, Stromrichter, Theoretische Elektrot.

Gasentladungslampen s. Lichttechnik.

Gasreinigung.

Fortschritte in der Entwicklung der elektr. Entstaubungsanlagen. Nach H. Friesel. 950.

Gauwoche s. Tagungen.

Generatoren s. Elektr. Maschinen, Meßkunde, Theoret. Elektrot.

Geologie.

Einige Grundzüge der Funkgeologie. V. Fritsch. *857.

Beitrag zur Anwendung der Funkmutung nach dem Absorptionsverfahren. V. Fritsch. *1204.

Geräusch s. Meßkunde, Techn. Akustik.

Geräuschspannung s. Fernsprechwesen.

Geschäftl. Mitteilungen s. Abt. A V.

Geschichte.

Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik. W. Petersen. Vortr. *887.

Die Hundertjahrfeier der T. H. Darmstadt. 949.

Geschichte.

Die Entwicklung der Kranmotoren. A. Graf. *983. *1038.

25 Jahre Elbtunnel. H. Neumann. 1036.

Aus der Geschichte der elektr. Zündung für Verbrennungsmotoren. *1105.

25 Jahre „Ausschuß für Elektrowärmegeräte". M. Howald. *1129.

Die Elektrowärmetechnik in den letzten 25 Jahren. G. Dettmar. *1131.

Die Entwicklung des Oberleitungsomnibusses. E. Schiemann. *1229.

Schutz des Betriebspersonals in Hochspannungs-Schaltanlagen. H. Probst. *1233.

Philipp Reis. 1257.

Geschwindigkeit s. Bahnbau.

Getriebe s. Bahnbau, Elektr. Masch.

Gewerbe s. Wärmetechnik.

Gewitter s. Überspannung.

Gießerei s. Ausstellung, Wärmetechnik.

Gitter s. Funkwesen, Röhren, Stromrichter.

Glas s. Wärmetechnik, Werkstatt.

Glasgefäße s. Stromrichter.

Glättung s. Elektrizitätswerke.

Gleichrichter s. Stromrichter.

Gleichrichtermeßger. s. Meßkunde.

Gleichstrommaschinen s. Elektr. Masch.

Gleitdruckbetrieb s. Elektr.-Werke.

Gleitentladung s. Theoret. Elektrot.

Glimmverstärker s. Verstärkertechnik.

Glühkathoden s. Stromrichter.

Glühlampen s. Lichttechnik.

Glühventile s. Stromrichter.

Glühöfen s. Wärmetechnik.

Graphitierung s. Wärmetechnik.

Grube s. Bergbau.

Hafenanlagen s. Maschinenantrieb.

Halbleiter s. Lichttechnik.

Handel s. Abt. A V, Gesch. Mitt.

Härteöfen s. Wärmetechnik.

Haushalt s. Wärmetechnik.

Hebezeuge s. Maschinenantrieb.

Heerwesen s. Ingenieure, Luftfahrt.

Heißleiter s. Wärmetechnik.

Heißwasserspeicher s. Wärmetechnik.

Heizung s. Wärmetechnik.

Herde s. Wärmetechnik.

Hochdruckdampf s. Dampfkessel.

Hochfrequenztechnik s. Funktechnik, Röhren, Theoret. Elektrot., Verstärkertechnik.

Hochfrequenztelephonie.

Mikrowellenkabel. Nach G. C. Southworth. 946.

Hochofen s. Maschinenantr., Wärmet.

Hochschulen s. Unterricht u. Abt. A II.

Hochspannungstechnik s. Isolatoren, Leitungen, Meßkunde, Schaltanlagen, Schaltgeräte, Stromrichter, Theoret. Elektrot., Überspannung, Überstrom.

Holzmaste s. Leitungen.

Hotels s. Wärmetechnik.

Hütte und Walzwerk (s. a. Maschinenantrieb, Wärmetechnik).

Eine Elektro-Stichlochstopfmaschine für Hochöfen. 1118.

Der Energieverbrauch bei der Eisengewinnung in Schweden. 1122.

Messung der Walzarbeit mit einer Kohle-Druckmeßdose. Nach W. Lueg. 1242.

Hysterese s. Theoret. Elektrot.

Digitized by Google

Ignitron s. Stromrichter.
Impedanzschutz s. Überstromschutz.
Impulsmesser s. Fernmessung.
Induktivität s. Meßkunde, Theor. El.
Industrie s. Elektrochemie, Maschinenantrieb u. Abt. A V, Gesch. Mitt.

Ingenieure.
Der VDE und die Elektrotechnik. H. Blendermann. *754.
Jungingenieurwesen (VDE-Bericht). 796.
Das Jungingenieurtreffen 1936 in München. H. Hasse. *901.
Die Jungingenieurarbeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Ansprache auf dem Jungingenieurtreffen des VDE in München 1936. G. Müller. *903.
Ingenieuroffizier-Laufbahn bei der Kriegsmarine. 930.

Installationswesen (s. a. Leitungen, Schaltgeräte).
Neue einfache Lichtreklame-Schaltkästen. 1003.
Ein zuverlässiger Laboratoriumsstecker für große Stromstärken. 1060.
Die Volltagung der IFK in Budapest. 1069.
Die Fang-Steckdose. A. Hemprich. 1186.
Das Verlegen von Leitungen mit Schlitzbandeisen. 1267.
Elektrolytische Korrosionen an elektr. Installationsanlagen durch Einzelelementbildung. W. Wieseler. *1345.
Kupferplattierte Aluminiumbleche. 1430.

Institute s. Prüfämter, Unterricht.
Instrumente s. Meßkunde.
Integrale s. Mathematik.
Ionen s. Theoret. Elektrot.
Ionosphäre s. Funkwesen.
Isolation s. Elektr. Maschinen, Transformatoren.
Isolationsmesser s. Meßkunde.

Isolatoren.
Stoßkennlinien von Hochspannungsisolatoren. Nach A. Matthias. 809.
Über Maßnahmen zur Minderung der hochfrequenten Störfähigkeit von Isolatoren. A. Dennhardt. Vortr. 900. Fachber. 182.
Die Beschaffenheit des Öles für Durchschlagprüfungen von Isolatoren. Nach G. Geißler. 949.
Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Überschlagspannung von Hochspannungsisolatoren. Nach F. D. Fielder. Von W. Weicker. 1434.
Isolatoren für Freileitungen. W. Weicker. *1391.
Über den Sicherheitsgrad von Hochspannungsanlagen. Nach Aigner. Vortr. 1522.

Isolierstoffe s. Stoffkunde.

Jahresberichte s. Abt. A V, Gesch. Mitt.
Jubiläen s. Geschichte, Unterricht u. Abt. A II, A IV und A V.
Jungingenieure s. Ingenieure u. Abt. A IV, Verbandsnachrichten.

Kabel s. Leitungen.
Kanthal s. Wärmetechnik.
Kapazitätsmessung s. Meßkunde.
Kathodenfallableiter s. Übersp.-Schutz.
Kathodenoszillograph s. Meßkunde.
Kathodenstrahl s. Bildtelegraphie, Meßkunde, Theor. Elektrot.
Keramiken s. Stoffkunde.
Kessel s. Dampfkessel.
Klang s. Meßkunde, Techn. Akustik.
Klemmen s. Leitungen.
Kochgeräte s. Wärmetechnik.
Koerzitivkraft s. Magnetismus.
Kohlenstaubmotor s. Brennkraftmasch.
Kolbenmaschinen s. Brennkraftmasch.
Kommutierung s. Elektr. Maschinen.
Kompensatoren s. Meßkunde.
Komplexe Rechnung s. Theoret. Elektrot.

Kondensatoren.
Thermostatische Verlustmessung, insbesondere an Starkstromkondensatoren. H. W. L. Bruckman u. W. J. Reichert. Brf. 1071.
— H. Gönningen. Brf. 1072.
Die Wellenglättung schwachbelasteter Mittelspannungsnetze durch Phasenschieberkondensatoren. Nach H. Schulze. 1305.

Konferenzen s. Tagungen.
Kongresse s. Tagungen u. Abt. A IV, Verbandsnachrichten.
Korona s. Leitungen.
Korrosion s. Elektrochemie, Stoffkunde.
Kosten s. Elektrizitätswerke.

Kraftfahrzeuge.
Elektrolastfahrzeuge (VDE-Bericht). 778.
Amerikanisches Fahrzeug für zwei Antriebsarten. Nach M. Schreiber. 948.
Speicherfahrzeuge. Nach E. E. Hoadley. 1062.
Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb? Nach W. Stuckhardt. 1066.
Elektrizität als heimischer Treibstoff. 1070.
Elektrofahrzeuge in England. 1193.

Kraftmaschinen s. Brennkraftmaschinen, Dampfturbinen, Elektr. Maschinen, Maschinenantrieb, Wasserturbinen.
Kraftübertragung s. Elektr.-Werke, Leitungen.
Kraftwagen s. Kraftfahrzeuge.
Kraftwerke s. Bahnbau, Elektrizitätswerke.
Kraftwirtschaft s. Energiewirtschaft.
Krane s. Maschinenantrieb.
Krankenhaus s. Wärmetechnik.
Krannmotoren s. Maschinenantrieb.
Küche s. Wärmetechnik.
Kugelfunkenstrecke s. Meßkunde.
Kugelvoltmeter s. Meßkunde.
Kühlanlagen s. Wärmetechnik.
Kühlung s. Elektr. Masch., Wärmetechn.
Kunststoffe s. Stoffkunde.
Kupplung von Netzen s. Leitungen.
Kurzschluß s. Elektr. Maschinen, Schaltgeräte, Transformatoren, Überstrom.

Ladung s. Akkumulatoren, Theor. Elektr.

Lager.
Laufeigenschaften von Aluminium-Lagermetallen (Quarzal). Nach M. v. Schwarz. 1487.

Lampen s. Lichttechnik.
Landwirtschaft s. Energiewirtschaft.
Lärm s. Techn. Akustik.
Läufer s. Elektr. Maschinen.
Lautsprecher s. Techn. Akustik.
Legierung s. Magnetismus.
Leistungsfaktor s. Elektr.-Werke, Stromrichter.
Leitfähigkeit s. Theor. Elektrot.
Leitkabel s. Funkwesen.
Leitsätze s. Abt. A IV, Verbandsnachr.

Leitungen (s. a. Signalwesen, Überspannung, Überstrom).
— Allgemeines.
Einführung zur Fachgruppe Bau und Betrieb von Netzen. A. Kolb. 893. Fachber. 17.
Elektrisierung dünnbesiedelter Gebiete. W. Bolling. Vortr. 893. Fachber. 18.
Technische Umgestaltung kleinerer Werke bei Anschluß an Verbundbetriebe. W. v. Mangoldt. Vortr. 893. Fachber. 22.
Die Symmetrierung unsymmetrisch belasteter Drehstromnetze durch ruhende Ausgleichkreise. V. Aigner. *971. *997.
Drehstromkraftübertragung „Zweileiter-Erde" in der UdSSR. 978.
Ausbau der Überlandnetze im Rahmen des amerikanischen Arbeitsbeschaffungs-Programms. 1123.
Gleichstrom-Hochspannungsübertragung. Nach B. D. Bedford, F. R. Elder u. C. H. Willis. 1349.
Die Entwicklung der elektr. Energiefernübertragung. K. Kühn. *1369. B. 1468.
Ortsnetzbau. P. Perlick. *1398.
Die Übertragungsleitungen elektr. Energie im Blickfeld der Rohstoff-Frage. Nach W. Vogel. 1496.
— Leiterwerkstoff.
Reinaluminium- oder Stahlaluminiumseile in Mittelspannungsnetzen? P. Perlick. Vortr. 893. Fachber. 29.
Entwicklung der Seilbauarten und ihre Bewährung im Freileitungsbau. J. Gröbl u. H. Glaßer. *1388.
Ortsnetzbau. P. Perlick. *1398.
— — Korona.
Die Abhängigkeit der Strahlungsverluste von Höchstspannungsleitern von der Luftdichte. U. Müller. *825.
Verlustwinkelmessung an Hochspannungskabeln. 834.
Vergleichende Untersuchungen über Gleich- und Wechselspannungskorona an Doppelleitungen. Nach R. Strigel. 977.
Koronaverluste bei Drehstrom. K. Potthoff. *1054.
Experimentelle Untersuchungen der Koronaentladung in Luft, Wasserstoff und Kohlensäure. Nach O. Daubenspeck. 1356.
— Elektr. Leitungs- u. Netzberechnung.
Prüfung von Hochspannungsnetzen durch Verlagern des Erdpunktes, insbesondere mit Rücksicht auf Gefahrenhäufung (Luftgefahr). A. v. Schaubert. Vortr. 893. Fachber. 26.
Erdpunktverlagerung in Verteilungsnetzen. Nach B. G. Gates. 925.
Die Anwendung einfacher Gleichungen zur streng richtigen Beschreibung der Wechselstromübertragung. Nach E. Wich. 930.
Die wirtschaftliche Bemessung städt. Drehstrom-Niederspannungs-Maschennetze. Nach K. Menny. 1193.
Starre und nachgiebige Netzkupplung. W. Seiz. *1281.
Leistungsregelung bei Kupplung von Netzen verschiedener Stromart. K. Schmer u. W. Stäblein. *1286.
Netzkupplungen mit umlaufenden Maschinen. H. Happoldt. *1291.
Netznachbildungen zur versuchsmäßigen Lösung schwieriger Netzberechnungsaufgaben. H. Grünewald. *1327.

Digitized by Google

Leitungen.

Hilfsnomogramme zur genauen Berechnung der Spannungsregelung und der Verluste in langen Fernleitungen. H. Fransén. *1503.

Einige Folgerungen aus dem Ableitungssatz von Helmholtz (Theorem von Thevenin). Nach H. Wigge. 1519.

— Freileitungen.

Freileitungen (VDE-Bericht). 771.

Messungen von Schwingungen an Freileitungen. Nach P. Feistner. 835.

Nomogramme für die wichtigsten Hilfsbeziehungen der Durchhangsberechnung von Freileitungen. K. Kohler. *1111.

Untersuchung von Schwingungen an Leitungsseilen mittels elektromagn. Erregung. Nach J. S. Carroll u. J. Koontz jr. 1181.

Dauerversuche mit verschraubten Aluminiumverbindungen. Nach E. Metzger. 1218.

Der Einfluß ungleicher Spannweiten auf Zugspannung und Durchhang von Freileitungen mit Stützisolatoren. Nach K. Kohler. 1265.

Elektrotechn. Aufzeichnungen von einer Studienreise nach dem Osten der V. S. Amerika (Leitungen). H. Wüger. *1341.

Freileitungsbetrieb. H. Calliess. *1372.

Bau von Starkstromfreileitungen. A. Bürklin. *1381.

Zubehörteile für die Verlegung von Hochspannungs-Freileitungen an Stützen- und Hängeisolatoren. J. Nefzger. *1394.

Ortsnetzbau. P. Perlick. *1398.

— Maste.

Tränkung grüner Kiefernmaste auf einfach hergerichteten Plätzen. Nach E. C. Thompson. 841.

Bewehrte Betonmaste. Nach E. Camenzind. 1059.

Zur Frage der Erdung von Freileitungsmasten im Hinblick auf Gewittereinwirkungen. H. Grünewald u. H. Zaduk. *1079. *1108.

Jährliche Ausfallmenge eines Bestandes an Holzmasten. Nach K. Kohler. 1265.

Die Entwicklung der elektr. Energiefernübertragung. K. Kühn. *1369. B. 1468.

Entwicklung der Maste und Mastbilder vom elektr. Standpunkt aus. B. Katzenberger. *1377.

Mastbauarten und Gründungen. W. Rier. *1384.

— Starkstromkabel.

Tränken von Ölkabeln nach der Verlegung. Nach J. Borel. 1003.

220 kV-Kabel in Paris. Nach Josse u. Laborde. 1238.

Das erste in Deutschland verlegte 125 kV-Kabel. Nach F. Otten. 1321.

Hochspannungs-Kabelfehlerstatistik. Nach W. Zimmermann. 1350.

Offene Abzweigklemmen für Aluminiumkabel. 1353.

Prüfungen mit hochgespanntem Gleichstrom in Kabelnetzen. Nach C. Kibblewhite. 1355.

Kabelbetrieb. E. v. Wiarda. *1401.

Starkstromkabel und Zubehör. F. Otten, K. Rottsieper u. W. Vogel. *1403.

Kabelverlegung. P. Osterburg u. F. Kaiser. *1410.

Ein Kabelpflug. Nach B. E. Greenwell. 1453.

Leitungen.

— Fernmeldeleitungen.

Die nichtlineare Verzerrung in langen Fernsprechkabeln und ihr Einfluß auf die Verständlichkeit der Sprache. Nach F. G. Lüschen. 840.

Nachrichtenübertragung auf Breitbandkabel. Nach H. F. Mayer u. D. Thierbach. Vortr. 899.

Neuere Entwicklung der Fernmeldetechnik infolge der Verwendung höherer Frequenzen. P. R. Arendt. Vortr. 900. Fachber. 170.

Mikrowellenkabel. Nach G. C. Southworth. 946.

Bemessung geschirmter Hochfrequenzkabel für möglichst geringe Dämpfung. Nach Green, Leibe, Curtis. 1243.

Die Dämpfung und Laufzeit von Breitbandkabeln. Nach H. Kaden. 1517.

Leitungsschutz s. Erdschl., Überstromsch.
Leitungsverlegung s. Installationswesen.
Leseband s. Bergbau.
Leuchtröhren s. Lichttechnik.
Leuchtschirm s. Theoret. Elektrot.
Lichtbogen s. Theoret. Elektrot.
Lichtbogenofen s. Wärmetechnik.

Lichttechnik.

— Allgemeines.

Einführung zur Fachgruppe Lichttechnik. F. Born. 897. Fachber. 114.

— Sehvermögen und Lichtwirkung.

Gutes Licht — Gute Arbeit. Nach H. Steinwarz. 871.

Prüfung von Werkstoffen durch farbiges Licht. W. Kircher. Vortr. 898. Fachber. 118.

Gutes Licht — gute Arbeit. 1190.

— Lichtmessung.

Sichtbarmachung von Lichtverteilungskurven mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. Nach V. J. Tyler u. R. Hanbury Brown. 809.

Der gegenwärtige Stand der Photometrie. Nach W. E. Forsythe. 1320.

Die Photometrie von Metalldampflampen. Nach G. Heller. 1429.

— Photozellen.

Die Filter-Photozelle. Nach J. Rieck. 810.

Lichtelektr. Schutz- und Steuerverfahren. 1070.

Die Thallofidzelle. 1117.

Lichtelektr. Untersuchungen an Halbleitern. Nach L. Bergmann u. J. Häusler. 1189.

Der Glimmverstärker und seine Verwendung zur Verstärkung von photoelektr. Strömen. Nach I. G. C. Weber. 1210.

Photoelektr. Schnellzähleinrichtungen. Nach Mäder. 1307.

Zur Frequenzabhängigkeit von Sperrschicht-Photozellen. Nach F. W. Gundlach. 1432.

Über neue lichtelektr. Zellen mit durchsichtigen Kathoden. Nach P. Görlich u. H. Sauer. 1474.

Kompensations-Meßverstärker mit Photozellen. Nach R. W. Gilbert. 1486.

— Ultraviolett-Strahlung.

Techn. Anwendungsgebiete der Ultraviolett-Strahlung. F. Lauster. Vortr. 898. Fachber. 121.

Über Untersuchungen an einer neuartigen Starklichtlampe. H. Klumb u. R. Odenwald. *924.

Technische Anwendung der Luminophore. Nach N. Riehl. Vortr. 1118.

Lichttechnik.

Ein lichtstarker Monochromator für das Ultraviolett. Nach F. Benford. 1266.

— Bogenlampen.

Kohlebogenlampen (VDE-Bericht). 783.

— Glühlampen.

Glühlampen (VDE-Bericht). 782.

Über Untersuchungen an einer neuartigen Starklichtlampe. H. Klumb u. R. Odenwald. *924.

Das Flimmern von Glühlampen bei Wechselstrom. Nach v. Liempt u. de Vriend. 1211.

— Gasentladungslampen.

Gasentladungslampen (VDE-Bericht). 782.

Niederspannungs-Leuchtröhren. Nach P. Freedman u. D. Kristin. 818.

Quecksilberhochdruckröhren. H. Ewest. Vortr. 897. Fachber. 115.

Anwendung der sichtbaren Strahlung der Gasentladungslampen. W. Kircher. Vortr. 898. Fachber. 118.

Natriumdampflampen in neuer Form. H. Lingenfolser u. M. Reger. *1347.

Vergleich zwischen den Entladungsformen in Natrium- und Quecksilberdampflampen. Nach G. Heller. 1352.

Über Fortschritte auf dem Gebiet der Quecksilberdampflampe. Nach H. Krefft. Vortr. 1442.

Rundfunkstörungen durch Natriumdampflampen. Nach L. Block. 1456.

Neuere Lichtquellen. Nach K. Mey. Vortr. 1479.

— Verschiedene Lampen.

Wenig bekannte Verfahren der Lichterzeugung. Nach G. Aschermann. Vortr. 1442.

— Entwurf von Beleuchtungen.

Beleuchtung und Unfallgefahr. Nach H. Lossagk. 1060.

Luftschutzbeleuchtung. F. Seidel. *1225.

Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch gute Beleuchtung. A. Ballentin. *1435.

Planung guter Beleuchtung für Büro und Werkstatt. E. Kämmerer. *1469.

— Straßenbeleuchtung.

Verkehrsbeleuchtung (VDE-Bericht). 783.

Beleuchtung von Fernverkehrsstraßen. Nach L. A. S. Wood. 1266.

Grundsätzliches über die Beleuchtung von Landstraßen. Nach A. I. Sweet. 1325.

— Verschiedene Außenbeleuchtung.

Thingstättenbeleuchtung. Nach König u. Buchwald. 1092.

— Innenbeleuchtung.

Lesebandbeleuchtung im Bergbau mit Quecksilbersdampflampen. 1034.

Planung guter Beleuchtung für Büro und Werkstatt. E. Kämmerer. *1469.

— Reklamebeleuchtung.

Neue einfache Lichtreklame-Schaltkästen. 1003.

Lichttelephonie s. Fernsprechwesen.
Linsen s. Theoret. Elektrot.
Literatur s. Abt. A III, Schrifttum.
Lokomotiven s. Bahnbau.
Luftelektrizität s. Theoret. Elektrot.

Luftfahrt.

Prüfung von Hochspannungsnetzen durch Verlagern des Erdpunktes, insbesondere mit Rücksicht auf Gefahrenhäufung (Luftgefahr). A. v. Schaubert. Vortr. 893. Fachber. 26.

Luftschutzbeleuchtung. F. Seidel. *1225.

Digitized by Google

Luftfahrt.
Die Senderzentralen der Reichsflugsicherung. Nach H. J. Zetzmann. 1243.
Das Leitkabelverfahren. Nach E. Fromy. 1353.
Luftschutz-Warndienstanlage. 1431.
Ein neues Blindlandungsverfahren. Nach K. Baumann u. A. Ettinger. 1486.
Mikrowellenverkehr. Nach W. L. Mc. Pherson u. E. H. Ullrich. 1487.

Luftschutz s. Luftfahrt.
Lüftung s. Elektr. Maschinen.
Luminophore s. Lichttechnik.

Magnetismus (s. a. Meßkunde).
— **Theorie.**
Ferromagnetische Werkstoffe (VDE-Bericht). 788.
Güte und Gleichmäßigkeit der hochlegierten Eisenbleche. Nach Heitmeier. Vortr. 896. Fachber. 100.
Über magn. Nachwirkung. Nach H. Kindler u. A. Thoma. 1213.
Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Koerzitivkraft. Nach C. W. Davis u. M. Hartenheim. 1352.
Über die genaue Messung der elektr. Leitfähigkeit und der Permeabilität von Eisendrähten. Nach E. Rath. 1432.
Zylinderspulen mit ungleichmäßiger Windungsdichte zur Erzeugung von homogenen Feldern. Nach J. Hak. 1518.
Die magnetische Leitfähigkeit als spezifische und relative Größe. Nach W. Krug. 1519.
— **Anwendungen.**
Das Magnetophon. E. Schüller. Vortr. 900.
Bau und Berechnung eines großen Dauermagneten. Nach J. Surugue. 982.

Magnetophon s. Techn. Akustik.
Maschennetze s. Leitungen.
Maschinen s. Bahnbau, Brennkraftmaschinen, Dampfturbinen, Elektr. Maschinen, Maschinenantrieb, Transformatoren, Wasserturbinen.

Maschinenantrieb (s. a. Bahnbau, Kraftfahrzeuge, Schiffahrt).
— **Allgemeines.**
Die Elektrizität in der Industrie (VDE-Bericht). 781.
Einführung zur Fachgruppe Industrielle Anwendungen. F. Oertel. 895. Fachber. 64. 74.
Das Kreisdiagramm der elektr. Welle. T. Schmitz. *911.
Wege und Ziele der heutigen Elektroantriebstechnik. F. Oertel. *1413. *1448.
Beitrag zur Frage des Motorschutzes im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf. C. Reinarz. *1475.
Eine neue Bremseinrichtung für Drehstrommotoren. Nach O. Deißler. Vortr. 1496.
— **Hebezeuge.**
Neuerungen bei elektr. Ausrüstungen von Kranen, Aufzügen und stetigen Förderern. Nach Schiebeler. 877.
Einphasen-Repulsionsmotor im Hafenumschlagsbetrieb. Jungblut. Vortr. 895. Fachber. 67.
Die Turmförderanlage der Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *967.
Die Entwicklung der Kranmotoren. A. Graf. *983. *1038.

Maschinenantrieb.
Neue Sicherheitsschaltung bei Krananlagen. 1004.
Die Schaltanlagen, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen der Turmförderanlagen auf Zeche Hanibal in Bochum. E. Hesse. *1017.
25 Jahre Elbtunnel. H. Neumann. 1036.
Die Signaleinrichtung und Seilfahrtschaltung der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *1055.
Aufzüge in V. S. Amerika. 1342.
Krananlagen in V. S. Amerika. 1342.
— **Bergbau.**
Zur Frequenzabhängigkeit von Drehfeldscheidern. Nach G. Hauffe. 1516.
— **Werkzeugmaschinen.**
Antriebe mit Genauigkeitsschaltung für Werkzeugmaschinen. H. Bauer. Vortrag. 895. Fachber. 65.
— **Hütte und Walzwerk.**
Eine Elektro-Stichlochstopfmaschine für Hochöfen. 1118.
— **Verschiedene Antriebe.**
Ein neues elektr. betriebenes Sprudelbad. Nach M. Bötzkes. 872.
Neuerungen bei elektr. Ausrüstungen von Kranen, Aufzügen und stetigen Förderern. Nach Schiebeler. 877.
Der Einphasen-Repulsionsmotor im Hafenumschlagsbetrieb. F. Jungblut. Vortr. 895. Fachber. 67.
Beispiele aus der Antriebstechnik der Nahrungsmittelindustrie. H. Bayha. Vortr. 895. Fachber. 71.
Fortschritte an Wasserringpumpen und ihr Antrieb. 1093.
Drehstrom-Nebenschlußmotor zum Antrieb von Zentrifugen. 1354.
Tischförderer für elektr. Glasglühöfen. 1354.

Maste s. Leitungen.
Materialuntersuchung s. Röntgentechnik, Stoffkunde.

Mathematik.
Relaxationsschwingungen im Dauerzustand. Nach J. Hak. 812.
Zur Zahlenrechnung bei vollständigen elliptischen Integralen. Nach F. Emde. 930.
Zur Praxis der symbolischen Methode zur Lösung von Ausgleichsvorgängen. Nach J. Hak. 1432.
Die Ermittlung von orthogonalen Kreisscharennetzen für die Darstellung vektorieller Zusammenhänge. Nach H. Kafka. 1519.
Die magnetische Leitfähigkeit als spezifische und relative Größe. Nach W. Krug. 1519.

Medizin (s. a. Röntgentechnik).
Die Ausstellung zur Tagung der Deutschen Röntgen-Gesellschaft, Wiesbaden 1936. H. Graf. *805.
Biologische und technisch-physikalische Grundlagen der Kurzwellentherapie. E. Schliephake u. P. Wenk. *863.
Ein neues elektr. betriebenes Sprudelbad. Nach M. Bötzkes. 872.
Techn. Anwendungsgebiete der Ultraviolett-Strahlung. F. Lauster. Vortrag 898. Fachber. 121.
Einfluß der Frequenz bei elektr. Schlägen. Nach W. B. Kouwenhoven, D. R. Hooker u. E. L. Lotz. 1357.

Meisterkurse s. Unterricht.
Messen s. Ausstellungen.

Meßkunde (s. a. Fernmessung, Lichttechnik, Normen, Prüfeinrichtungen).
— **Allgemeines.**
Meßtechnik (VDE-Bericht). 787.
Einführung zur Fachgruppe Messung. E. Schulze. 894. Fachber. 51.
Neuzeitliche Geräte zur Störungsaufklärung. H. Boekels. Vortr. 894. Fachber. 60.
— **Prüf- und Versuchsfelder.**
Stoßanlagen (VDE-Bericht). 773.
Erzeugung normgerechter Spannungsstöße bei Stoßanlagen für sehr hohe Spannungen. R. Elsner. Vortr. 899. Fachber. 159.
Ergebnisse über Stoßspannungsuntersuchungen an Transformatoren. G. Frühauf. Vortr. 899. Fachber. 156.
Können die in Netzen auftretenden Eigenfrequenzen in Leistungsprüfanlagen erzielt werden? O. Schwenk. Vortr. 899. Fachber. 163.
Neuere Untersuchungen zur Frage der Stoßbeanspruchung von Transformatoren. Nach R. Elsner. 925.
Ein zuverlässiger Laboratoriumsstecker für große Stromstärken. 1060.
Die Berechnung der Zündschwingung eines vielstufigen Marxschen Stoßgenerators. Nach R. Elsner. 1064.
Einfaches Verfahren zur Erzeugung hoher Wechselspannungen. Nach W. Hasselbeck u. H. Dänzer. 1213.
Fahrbare Stoßanlagen. R. Crämer. *1227.
— **Strom-, Spannungs-, Leistungsmessg.**
— — **Drehspul-Meßgeräte.**
Meßgerät mit T-Spulsystem. Nach H. R. Eggers. 1484.
— — **Galvanometer.**
Drehspulgalvanometer. 787.
Neue empfindliche Vibrationsgalvanometer. H. Roth. Vortr. 894. Fachber. 53.
— — **Gleichrichter- u. Thermomeßger.**
Theorie des mit Trockengleichrichtern arbeitenden Impulsmessers der Nachrichtentechnik. Nach R. Bauer u. E. Spenke. 940.
Der kompensierte Thermostrommesser. Nach W. N. Goodwin. 1185.
Strom- und Spannungsmessung mit Ventilgleichrichtern. Nach H. Geffcken. 1515.
— — **Oszillographen.**
Polarkoordinaten-Oszillograph. 1171.
Ein Kathodenstrahl-Oszillograph für Innenaufnahme auf umlaufender Trommel. Nach G. A. Whipple. 1188.
Kathodenoszillograph zur gleichzeitigen Aufnahme zweier (periodischer oder einmaliger) Vorgänge. Nach K. Kurokawa u. S. Tanaka. 1241.
Die gleichzeitige Darstellung von Strom- und Spannungskurven mit dem Braunschen Rohr bei 50 Hz. Nach O. Schäfer. 1428.
Aufnahme mehrerer Vorgänge mit dem Einfach-Oszillographen über Schnellschalter. Nach H. Pfannenmüller. 1516.
— — **Messung hoher Spannung.**
Eine Abänderung des von H. König ausgearbeiteten Hochspannungs-Meßverfahrens. Nach J. L. Jakubowski. 810.
Spannungsmessungen mit Kugelfunkenstrecken bei einpoliger Erdung. Nach W. Jacobi. 1091.

Digitized by Google

Meßkunde.

Das Gleichrichterverfahren der Hochspannungsmessung mit Glimmlichtgleichrichtern. Nach J. L. Jakubowski. 1091.

Das funkenlose Kugelvoltmeter. Nach R. W. Sorensen u. S. Ramo. 1242.

Zur Spannungsmessung mittels Grenzspannungen und Funkenspannungen. Nach M. Toepler. 1520.

— — **Verschiedene Messungen u. Meßgeräte.**

Transformatorische Messung großer Gleichströme. 788.

Verlustwinkelmessung an Hochspannungskabeln. 834.

Elektrostatische Voltmeter mit Spannungsteilung. Nach A. Palm. 839.

Thermostatische Verlustmessung, insbesondere an Starkstromkondensatoren. H. W. L. Bruckman u. W. J. Reichert. Brf. 1071.

— H. Gönningen. Brf. 1072.

Messen der Zusatzverluste bei Induktionsmaschinen. Nach Th. H. Morgan u. V. Siegfried. 1117.

Messung von Geräuschspannungen und Starkstromformfaktoren. Nach J. M. Barstow, P. W. Blye u. H. E. Kent. 1212.

Ein Meßgerät zur direkten Messung der Güte- und Verlustzahl von Schwingkreisen. Nach O. Zinke. 1242.

Ein neuer Abstimmungsmesser für Erdschlußspulen. Nach B. Mengele. 1323.

Meßgerät mit T-Spulsystem. Nach H. R. Eggers. 1484.

Spannungsmessungen bei extrem hohen Frequenzen mit dem Dioden-Voltmeter. Nach M. v. Ardenne. 1515.

— **Arbeitsmessung (Elektrizitätszähler).**

— — **Allgemeines.**

Elektrolytzähler mit fortlaufender Registrierung. O. Heinzelmann. Vortrag 894. Fachber. 58.

Über Anwendungen des Festmengen-Meßprinzips in Meß-, Zähl-, Schalt- und Regelgeräten. F. Ferrari. *919.

Untersuchung der Reibungsverhältnisse in Elektrizitätszählern. Nach F. Wachsmann. 947.

Messung großer Energien für Verrechnungszwecke. Nach W. Casson u. A. H. Gray. 1209.

— — **Zählereichung** (s. a. Prüfämter, Prüfeinrichtungen).

Das neue Zählereichwerk der Hamburgischen Elektrizitäts-Werke (HEW). J. Schneider. *833.

Röhrenregler für Zähler-Eichstationen. H. Hauke. Vortr. *873.

Eichzwang in Deutschland. H. Vogler. *1191.

— **Widerstandsmessung, Brücken.**

Taschenisolationsmesser. 787.

Nullmotoren zur selbsttätigen Abgleichung von komplexen Kompensations- oder Brückenschaltungen. 787.

Ein graphischer Beitrag zur Schering-Brücke. F. Alten. *807.

Fehlwinkelmessungen an Widerständen mit Nieder- und Tonfrequenz. Nach K. W. Kögler. 838.

Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung; Schleifdrahtverfahren. Nach W. Geyger. 871.

Über einige Neuerungen auf dem Gebiete der elektr. Feinmessungen. R. Schmidt. Vortr. 894. Fachber. 52.

Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung; Strommesserverfahren. Nach W. Geyger. 1117.

Meßkunde.

Eine Elektronenrohr - Kondensatorschaltung für Isolationsstaffelung. Nach St. Szpor. 1213.

Wechselstrom-Kompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung durch Doppelspul-Dynamometer. Nach W. Geyger. 1265.

Eine neue Gleichstrom-Leistungsmeßbrücke mit selbsttätigem Brückenabgleich. K. Sauermann. *1317.

Elektrostatische Abschirmung von Wechselstrom-Meßbrücken im Tonfrequenzbereich. Nach Th. Walcher. 1352.

Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücke mit selbsttätiger Abgleichung. Nach W. Geyger. 1428.

Meßgerät mit T-Spulsystem. Nach H. R. Eggers. 1484.

Wechselstrom-Meßbrücken mit Fremdabgleichung. Nach W. Geyger. 1515.

— **Induktivitätsmessung.**

Direkt zeigender Selbstinduktionsmesser. Nach M. Robert u. J. Foglia. 838.

— **Kapazitätsmessung.**

Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücke mit selbsttätiger Abgleichung. Nach W. Geyger. 1428.

Kapazitäts- und Verlustmessungen an Kleinkondensatoren. Nach G. Keinath. 1454.

— **Frequenzmesser.**

Die Präzisionsfrequenzmessungen der internationalen Kontrollstelle in Brüssel. Nach E. Divoire. 818.

Hochempfindliche Zeigerfrequenzmesser. H. Boekels u. F. W. Müller. *1259.

Ein neuer Präzisions-Frequenzschreiber. W. Geyger. *1337.

Zeiger-Frequenzmesser, Kompensations-Frequenzschreiber mit Nullmotor. Nach W. Geyger. 1454.

— **Hochfrequenzmessungen.**

Spannungsmessungen bei extrem hohen Frequenzen mit dem Dioden-Voltmeter. Nach M. v. Ardenne. 1515.

— **Verschiedene elektr. Größen.**

Die Braunsche Röhre als Spannungsmesser beim elektrolytischen Trog. M. v. Ardenne. *831.

Der Verzerrungsmesser, ein vielseitiges Meßgerät für die Telegraphie. G. Keller. Vortr. 900. Fachber. 173.

— **Magnetische Messungen.**

Normung magnetischer Meßverfahren. Nach L. G. A. Sims. 927.

— **Temperaturmessung.**

Temperaturmessung mit Thermoelementen (VDE-Bericht). 780.

Temperaturempfindliches Überwachungskabel. 840.

Messung der Oberflächentemperatur von Maschinen. Nach B. B. Ray. 1240.

Elektr. Messen und Regeln der Temperatur. H.-O. Meyer. *1417.

— **Schallmessungen.**

Der Tonmesser, ein Spannungsspitzenmesser mit logarithmischer Anzeige. Nach H. G. Thilo u. M. Bidlingmaier. 1325.

— **Druckmessungen.**

Messung niedriger Gasdrücke. Nach H. Klumb u. Th. Haase. 1094.

Ein Verstärker für piezoelektrische Druckmessungen. Nach N. G. Calvert. 1265.

— **Verschiedene nichtelektr. Größen.**

Die Schwingungsmeßeinrichtung der Lokomotiv-Versuchsabteilung Grunewald. W. Harm. 811.

Neue elektr. Übertragungs- und Zähleinrichtung für Durchflußmesser. Nach W. Geyger. 838.

Meßkunde.

Meßgerät zum Auswuchten von Maschinen in ihren eigenen Lagern. Nach E. Grönkvist. 870.

Neue Verfahren zur Schlupfmessung. K. Schmieder. *1201.

Messen der Walzarbeit mit einer Kohle-Druckmeßdose. Nach W. Lueg. 1242.

Wärmewiderstandsmessung an Isolierstoffen. Nach H. Batsch u. A. Meißner. 1316.

Ein schreibendes Meßgerät zur Messung der Querschnittsschwankungen feiner Drähte. K. Dahl u. J. Kern. *1423.

Meßwandler s. Transformatoren.
Metalle s. Stoffkunde.
Metallurgie s. Wärmetechnik.
Meteorologie s. Funkwesen, Wetterkunde.
Mikrophone s. Techn. Akustik.
Monochromator s. Lichttechnik.
Motoren s. Bahnbau, Brennkraftmaschinen, Dampfturbinen, Elektr. Maschinen, Kraftfahrzeuge, Maschinenantrieb, Schiffahrt, Wasserturbinen.
Motorschutz s. Schaltgeräte.
Mutung s. Funkwesen.

Nachrichtenwesen s. Bildtelegraphie, Fernsprech-, Funk-, Signal-, Telegraphenwesen, Hochfrequenztelephonie, Leitungen, Röhren, Verstärkertechnik.
Nachwirkung, magn., s. Magnetismus.
Nahrungsmittelindustrie s. Masch.-Antr.
Natriumdampflampen s. Lichttechnik.
Netze s. Leitungen.
Netzkupplung s. Leitungen.
Normblätter s. Abt. A IV, Verb.-Nachr.

Normen (s. a. Einheiten).

VDE-Bestimmungen u. Normblätter s. Abt. A IV, Verbandsnachrichten.

Internationale Regeln für anzeigende Meßgeräte. 787.

Normung magnetischer Meßverfahren. Nach L. G. A. Sims. 927.

Normung von Kabelschutzhauben. 1427.

Nullung s. Elektrizitätswerke.

Oberflächenbehandlung s. Elektrochemie.
Oberleitungsfahrzeuge s. Bahnbau.
Oberwellen s. Stromrichter.
Obus s. Bahnbau.
Öfen s. Wärmetechnik.
Offizier, Ingenieur-, s. Ingenieure.
Öl s. Stoffkunde.
Ölkabel s. Leitungen.
Ölschalter s. Schaltgeräte.
Omnibus s. Bahnbau, Kraftfahrz.
Optik, Elektronen-, s. Theor. Elektrot.
Organisation s. Elektrizitätswerke.
Oszillographen s. Meßkunde.
Oxydation s. Stoffkunde.
Ozon s. Elektrochemie.

Parallelbetrieb s. Elektrizitätswerke.
Parallelschalten s. Schaltgeräte.
Peilung s. Funkwesen.
Pendelgeneratoren s. Elektr. Maschinen.
Permeabilität s. Theoret. Elektrot.
Persönliches s. Abt. A II.
Phasenverbesserung s. Elektr. Maschinen, Elektrizitätswerke, Kondensatoren.
Phonotechnik s. Techn. Akustik.

Photographie.

Photozellen s. Lichttechnik.

Das Berthon-Siemens-Farbfilmverfahren. 908.

Photometrie s. Lichttechnik.
Photozellen s. Lichttechnik.

Digitized by Google

Physik.

Elektrophysik (VDE-Bericht). 788.
Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik. W. Petersen. Vortr. *887.
Technische Anwendung der Luminophore. Nach N. Riehl. Vortr. 1118.
Über die Empfindlichkeit der Schlierenkammer. Nach F. Trey. 1515.

Phys.-Techn. Reichsanstalt s. Prüfämter.
Piezoelektrizität s. Meßkunde.
Plattierung s. Stoffkunde.
Polarjahr s. Theoret. Elektrot.
Preßstoffe s. Stoffkunde.

Prüfämter und Institute.

Das neue Zählereichwerk der Hamburgischen Elektrizitäts-Werke (HEW). J. Schneider. *833.
Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1935. 1094.
Eichzwang in Deutschland. H. Vogler. *1191.
Elektr. Prüfamt 6. 1185.
Elektr. Prüfamt 32. 1032.
Elektr. Prüfamt 43. 1118.
Elektr. Prüfamt 44. 1429.
Prüfungen und Beglaubigungen. 810. 837. 1031. 1183. 1266. 1307. 1324. 1453.

Prüfeinrichtungen (s. a. Meßkunde).

Elektrotechnische Versuchsanstalt der Reichsbahn. 776.
Prüfung von Zählern und Meßwandlern. 787.
Prüfung und Genauigkeit thermischer Auslöser (Motorschutzauslöser). Metzenauer & Jung. Brf. 853.
— H. Franken. Brf. 854.
Prüfung von Hochspannungsnetzen durch Verlagern des Erdpunktes, insbesondere mit Rücksicht auf Gefahrenhäufung (Luftgefahr). A. v. Schaubert. Vortr. 893. Fachber. 26.
Zweckmäßige Prüfverfahren für den Selektivschutz. L. Rimmark. Vortrag 894. Fachber. 44.
Über einige Neuerungen auf dem Gebiete der elektr. Feinmessungen. R. Schmidt. Vortr. 894. Fachber. 52
Neue Strom- und Spannungswandler-Prüfeinrichtung und ihre Verwendung als Bürdenmesser. A. Keller. Vortrag 894. Fachber. 55.
Neuzeitliche Geräte zur Störungsaufklärung. H. Boekels. Vortr. 894. Fachber. 60.
Prüfung von Werkstoffen durch farbiges Licht. W. Kircher. Vortr. 898. Fachber. 118.
Können die in Netzen auftretenden Eigenfrequenzen in Leistungsprüfanlagen erzielt werden? O. Schwenk. Vortrag 899. Fachber. 163.
Die Beschaffemheit des Öles für Durchschlagprüfungen von Isolatoren. Nach G. Geißler. 949.
Leicht beförderbare Öl- und Isolationsprüfeinrichtung für 60 kV Betriebsspannung. Nach H. I. Zimmermann. 1035.
Die Berechnung der Zündschwingung eines vielstufigen Marxschen Stoßgenerators. Nach R. Elsner. 1064.
Prüfanlagen und -verfahren für Elektrowärmegeräte in der VDE-Prüfstelle. L. Weis. *1166.

Prüfeinrichtungen.

Eine Elektronenrohr-Kondensatorschaltung für Isolationsstaffelung. Nach St. Szpor. 1213.
Einfaches Verfahren zur Erzeugung hoher Wechselspannungen. Nach W. Haselbeck u. H. Dänzer. 1213.
Fahrbare Stoßanlagen. R. Crämer. *1227.
Prüfung von Meßwandlern. Nach W. Geyger. 1240.
Prüfungen mit hochgespanntem Gleichstrom in Kabelnetzen. Nach C. Kibblewhite. 1355.
Praktische Anwendung der röntgenographischen Materialuntersuchung. Nach W. G. Burgers. 1356.
Prüfgerät zur Erdung und Nullung. P. M. Pflier. *1425.
Prüffeldeinrichtungen zum Abgleich von Rundfunkgeräten bei Massenherstellung. S. Janzen. *1451.

Prüffelder s. Meßkunde.
Prüfstelle s. Abt. A IV, Verbandsnachr.
Pumpen s. Maschinenantr., Stromrichter.
Punktschweißung s. Wärmetechnik.

Quecksilberdampf s. Lichttechnik, Stromrichter.
Quecksilberlampen s. Lichttechnik.
Quecksilberschalter s. Wärmetechnik.
Querschnittsmessung s. Meßkunde.

Raumheizung u. -kühlung s. Wärmetechnik.
Rauschen s. Röhren.

Regelung und Widerstände (s. a. Meßkunde, Stromrichter, Transform.).

Temperaturregelung s. Wärmetechnik.
Einführung zur Gruppe Steuerung und Regelung. Ch. Krämer. 898. Fachber. 124.
Spannungs-, Frequenz- und Leistungsregelung in größeren Elektrowirtschaftsgebieten. G. Kraft. Vortr. 898. Fachber. 124.
Ein neuer selbsttätiger Antrieb für Regeltransformatoren. W. Krämer. 898. Fachber. 128.
Untersuchungen an thermischen Spannungsgleichhaltern. Nach P. J. Higgs. 1211.
Verwendung von Entladungsgefäßen bei elektr. Maschinen. Nach H. Sequenz. 1348.
Hilfsnomogramme zur genauen Berechnung der Spannungsregelung und der Verluste in langen Fernleitungen. H. Fransén. *1503.

Registrierung s. Meßkunde, Schaltger.
Reibung s. Meßkunde.
Reichsbahn s. Bahnbau.
Reichssportfeld s. Fernsprechwesen.
Reklame s. Lichttechnik, Werbung.
Relais s. Schaltgeräte.
Relaxationsschwingung s. Mathematik.
Rezensionen s. Abt. A III, Schrifttum.

Röhren (s. a. Theoret. Elektrot.)

Röhrenregler für Zähler-Eichstationen. H. Hauke. Vortr. *873.
Der Eingangswiderstand von Elektronenröhren bei sehr hohen Frequenzen. Nach Ferris. 928.
Fünfpol-Schirmröhren. 1188.
Das Rauschen von Empfängerröhren im Gebiet von 150 kHz bis 15 MHz. Nach H. Rothe u. G. Plato. 1431.
Neuzeitliche Vakuumpumpen. H. Klumb. *1445.

Röhren.

Wirkungsweise der gittergesteuerten Gasentladungsröhre bei ihrer Anwendung als Schwingungserzeuger. Nach P. Drewell. 1458.

Röntgentechnik.

Die Ausstellung zur Tagung der Deutschen Röntgen-Gesellschaft, Wiesbaden 1936. H. Graf. *805.
Praktische Anwendungen der röntgenographischen Materialuntersuchung. Nach W. G. Burgers. 1356.

Rundfunk s. Ausstellung, Funkwesen.

Sammler s. Akkumulatoren.
Schachtförderanlagen s. Maschinenantrieb.
Schall s. Meßkunde, Techn. Akustik.

Schaltanlagen und Schalttafeln.

Schaltanlagen und Schalteinrichtungen (VDE-Bericht). 766.
Ölarme Leistungsschalter und deren Einbau in Schaltanlagen. H. Freiberger. Vortr. 899. Fachber. 148.
Einfacher Aufbau und einfache Leitungsführung in neuzeitlichen öllosen Hochspannungs-Schaltanlagen. G. Meiners. *943.
Ölschalterexplosion im Elektrizitätswerk Winterthur. Nach W. Howald. 978.
Die Schaltanlagen, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *1017.
Kurzschlußsichere Schaltanlagen unter Berücksichtigung der Hoch- und Niederspannungsanlagen. Nach Schmitz. Vortr. 1103.
Bemerkenswertes aus dem Industrie-Schaltanlagenbau mit Druckgasschaltern. E. Westerhoff. *1205. *1230.
Schutz des Betriebspersonals in Hochspannungs-Schaltanlagen. H. Probst. *1233.
Elektrotechn. Aufzeichnungen von einer Studienreise nach dem Osten der V. S. Amerika (Schaltanlagen). H. Wüger. *1340.

Schaltgeräte.

— Allgemeines.

Einführung zur Fachgruppe Schaltgeräte. B. Jansen. 898. Fachber. 137.
Kurzzeitschalter mit gesteuerten Stromrichtergefäßen. W. Jacobi. Vortr. 898. Fachber. 130.
Zur Frage der Berechtigung des Minimumprinzips in der Theorie der Bogenentladung. W. Elenbaas. Brf. 1497.
— F. Kesselring u. F. Koppelmann. Brf. 1498.

— Trennschalter.

Leistungstrennschalter. E. Krohne, F. Klostermann u. W. Estorff. Vortrag. *961. Bespr. 989.
287 kV-Trennschalter für die Boulderdamm-Leitung. Nach A. J. Bowle u. C. P. Garman. 1208.

— Ölschalter.

Nicht brennbares Öl oder Wasser als Schaltflüssigkeit? F. Kesselring. Vortr. 898. Fachber. 145.
Ölarme Leistungsschalter und deren Einbau in Schaltanlagen. H. Freiberger. 899. Fachber. 148.
Der Einfluß der Unsymmetrie des Stromes auf den Abschaltvorgang bei Hochleistungsschaltern. W. Kaufmann. Vortr. 899. Fachber. 153.
Ölschalterexplosion im Elektrizitätswerk Winterthur. Nach W. Howald. 978.

Digitized by Google

Schaltgeräte.
Die Ölschalter für die Boulder-Damm-Leitung. Nach H. M. Wilcox u. W. M. Leeds. 1352.
Die Entwicklung der Ölschalter mit Einfachunterbrechung für gekapselte Schaltanlagen. Nach D. R. Davies u. C. H. Flurscheim. 1427.
— **Öllose Hochsp.-Leistungsschalter.**
Neuere Entwicklungslinien im Bau ölloser Schalter. O. Mayr. Vortr. 898. Fachber. 142.
Nicht brennbares Öl oder Wasser als Schaltflüssigkeit? F. Kesselring. Vortr. 898. Fachber. 145.
Untersuchungen an Hochleistungsschaltern. W. Kaufmann. Vortr. 899. Fachber. 153.
— **Luft-Selbstschalter.**
Prüfung und Genauigkeit thermischer Auslöser (Motorschutzauslöser). Metzenauer & Jung. Brf. 853.
— H. Franken. Brf. 854.
Entwicklung der Niederspannungsschaltgeräte für große Leistungen. Fr. Metzger. Vortr. 898. Fachber. 137.
Die Auswahl von Niederspannungs-Schaltgeräten für Industrieanlagen. F. Denk. Vortr. *1215.
Bemessung neuzeitlicher Niederspannungs-Schaltgeräte auf Grund der Kurzschlußverhältnisse in Industrieanlagen. F. Denk. Vortr. *1271.
Beitrag zur Frage des Motorschutzes im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf. C. Reinarz. *1475.
Festigkeit und Verschleiß im Niederspannungs-Schaltgerätebau. Nach Franken. Vortr. 1496.
— **Relais und Schütze** (s. a. Erdschluß).
Schutzrelais (VDE-Bericht). 768.
Ein neues Umschaltrelais für Störungsschreiber. H. Boekels u. W. Krannich. *861.
Einführung zur Fachgruppe Relais und Schutzschaltungen. A. Schmolz. 894. Fachber. 35.
Kräfte, Empfindlichkeit und Wirkungsgrad eines hochempfindlichen dynamischen Relais. W. Hiebsch. *915.
Stoßunempfindliche Schaltschütze. Nach L. Rousseau. 1323.
Ein neues Distanzrelais. Nach M. R. Dubusc. 1484.
— **Installationsschalter.** 1267.
— **Verschiedene Schaltgeräte.**
Selbsttätiges Parallelschalten durch Stromrichter beim Synchronisieren. Nach V. Grosse u. J. E. E. Ginger. 1002.

Schaltkästen s. Installationswesen.
Schaltvorgänge s. Überspannung.

Schiffahrt (s. a. Funkwesen).
Dieselelektr. Drehstrom-Synchronanlage. 764.
Elektr. Boote auf Binnengewässern. 930.
Das Fahrgastschiff „Queen Mary". 1004.
Voith-Schneider-Antrieb. 1430.
Indienststellung des neuen Frachtschiffes „Wuppertal" der Hamburg-Amerika Linie. 1517.

Schirmgitter s. Röhren.
Schirmung s. Leitungen.
Schläge, elektr., s. Medizin.
Schleifkontakt s. Elektr. Maschinen.
Schlupfmessung s. Meßkunde.
Schmelzöfen s. Wärmetechnik.
Schmelzsicherungen s. Überstromschutz.
Schnellverkehr s. Fernsprechwesen.
Schreibgeräte s. Meßkunde, Schaltger.
Schrifttum s. Abt. A III.
Schulen s. Unterricht.
Schutz s. Drosselspulen, Erdschluß, Funkwesen, Schaltgeräte, Transformatoren, Überspannung, Überstrom.
Schütze s. Schaltgeräte.
Schwachstromtechnik s. Bildtelegraphie, Fernsprech-, Funk-, Signal-, Telegraphenwesen, Hochfrequenztelephonie, Leitungen, Röhren, Verstärkertechnik.
Schweißen s. Wärmetechnik.
Schwingungen, elektr., s. Funkwesen, Theoret. Elektrot.

Schwingungen, mechan. (s. a. Leitungen, Meßkunde).
Die Schwingungsmeßeinrichtung der Lokomotiv-Versuchsabteilung Grunewald. W. Harm. 811.
Messungen von Schwingungen an Freileitungen. Nach P. Feistner. 835.
Meßgerät zum Auswuchten von Maschinen in ihren eigenen Lagern. Nach E. Grönkvist. 870.

Sehvermögen s. Lichttechnik.
Seile s. Leitungen.
Selbstanschluß s. Fernsprechwesen.
Selbstinduktivität s. Meßkunde.
Selbstschalter s. Schaltgeräte.
Selektivschutz s. Erdschluß, Überstrom.
Sender s. Funkwesen.
Sicherungen s. Überstromschutz.
Siebketten s. Techn. Akustik.

Signalwesen.
Temperaturempfindliches Überwachungskabel. 840.
Die Fernmeldeanlagen auf dem Reichssportfeld. W. Jaekel. *909.
Die Verwendung schwingfähiger Anordnungen für Alarmzwecke. K. Nentwig. *975.
Die Schaltanlagen, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *1017.
Die Signaleinrichtung und Seilfahrtschaltung der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. E. Hesse. *1055.
Lichtelektr. Schutz- und Steuerverfahren. 1070.
Die Entwicklung der Verkehrssignalanlagen in Paris. Nach A. Janet. 1268.
Luftschutz-Warndienst-Anlage. 1431.

Sonnenstrahlung s. Funkwesen.
Spannungsregelung s. Regelung.
Spannungswandler s. Transformatoren.
Spannung, wiederkehrende, s. Überstrom.
Speicher s. Elektr.-Werke, Wärmetechn.
Speicherfahrzeuge s. Kraftfahrzeuge.
Sprache s. Techn. Akustik.
Sprudelbad s. Maschinenantrieb.
Spulen s. Drosselspulen, Erdschluß, Funkwesen, Theoret. Elektrot.
Stahl s. Hütte, Magnetismus, Stoffkunde, Wärmetechnik.
Stahlgießerei s. Wärmetechnik.
Ständer s. Elektr. Maschinen.

Ständ. Aufbau u. Neuordnung d. Arbeit.
Grundlagen und Ziele elektrotechn. Arbeitens. W. Ohnesorge. *885.
Arbeitsgemeinschaften beim Amt für Technik, Gau Schlesien. 1190.
Ständ. Aufbau u. Neuordnung d. Arbeit.
Neuregelung des Verhältnisses der VDE-Mitglieder zur Arbeitsfront. 1195.

Stationen s. Funkwesen.
Staub s. Gasreinigung.
Steckvorrichtung s. Installationswesen.
Sternpunktverlagerung s. Leitungen.
Steuerung s. Fernmessung, Signalwesen, Stromrichter.

Stiftungen.
Arnold-Stiftung. 1358.

Stoffkunde u. Stoffwirtschaft (s. a. Leitungen, Magnetismus, Röntgentechnik, Theoret. Elektrot., Wärmetechnik).
— **Metalle, Allgemeines.**
Prüfung von Werkstoffen durch farbiges Licht. W. Kircher. Vortr. 898. Fachber. 118.
Plattierte Bleche, ihre Verarbeitung und Verwendung. Nach B. Trautmann. 1245.
— **Eisen und Stahl.**
Entsprechen die DIN VDE-Normen für hochlegierte Eisenbleche dem heutigen Stand des Transformatorenbaues? A. Heitmeier. Vortr. 896. Fachber. 100.
Mitwirkung des Luftstickstoffs beim Dauerbruch. Nach H. Schottky u. H. Hiltenkamp. 1245.
Elektrolytische Bestimmungen der nichtmetallischen Einschlüsse in den Stählen. Nach L. Bihet. Vortr. 1357.
— **Aluminium.**
Wirksamer Korrosionsschutz durch Eloxalschichten auf kupferhaltigen Aluminiumlegierungen. Nach A. Jenny. 872.
Wachstum und Aufbau elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxydschichten. Nach Th. Rummel. 1245.
Die Härte der Überzugsschichten bei der anodischen Oxydation. Nach A. Hache. 1245.
Kupferplattierte Aluminiumbleche. 1430.
Laufeigenschaften von Aluminium-Lagermetallen (Quarzal). Nach M. v. Schwarz. 1487.
Die Übertragungsleitungen elektr. Energie im Blickfeld der Rohstoff-Frage. Nach W. Vogel. 1496.
— **Legierungen.**
Das Kanthal, eine Legierung für elektr. Widerstände. 1357.
— **Korrosion.**
Wirksamer Korrosionsschutz durch Eloxalschichten auf kupferhaltigen Aluminiumlegierungen. Nach A. Jenny. 872.
Korrosionstagung 1936. 1520.
— **Isolierstoffe, Allgemeines.**
Isolationsfragen im Elektromaschinenbau. Kroker. Vortr. 897. Fachber. 97.
Die Gefahren der elektr. Aufladung von Zellhorn bei der Herstellung von Nitrolacken und ihre Verhütung. Nach H. Berger. 1006.
Wärmewiderstandsmessung an Isolierstoffen. Nach H. Batsch u. A. Meißner. 1316.
Über die Anwendung isolierender Baustoffe in elektr. Anlagen. H. Passavant. *1509.
— **Keramische Stoffe** (VDE-Bericht). 773.
— **Preßstoffe.**
Kunststoffe (VDE-Bericht). 774.

Digitized by Google

Stoffkunde u. Stoffwirtschaft.
Zur Physik der Kunst- und Preßstoffe. Nach Vieweg. 950.
Bekanntmachung über Kunstharzpreßmassen für typisierte und überwachte Isolierpreßstoffe. 1442.
— **Verschiedene feste Isolierstoffe.**
Neue Isolierstoffe in England. Nach A. R. Dunton. 841.
— **Isolieröl.**
Die Beschaffenheit des Öles für Durchschlagprüfungen von Isolatoren. Nach G. Geißler. 949.
Leicht beförderbare Öl- und Isolationsprüfeinrichtung für 60 kV Betriebsspannung. Nach H. I. Zimmermann. 1035.
Unterdrückung der durch Ionisation bedingten Gasbildung von Isolierölen. Nach G. W. Nederbragt. 1458.

Stopfmaschine s. Maschinenantrieb.
Störschutz s. Funkwesen.
Störungen s. Erdschluß, Fernsprechwesen, Funkwesen, Meßkunde, Prüfeinrichtungen, Überspannung, Überstrom, Unfälle.
Stoßanlagen s. Meßkunde.
Stoßdurchschlag s. Theoret. Elektrot.
Strahlung s. Funkwesen, Leitungen, Lichttechnik.
Strahlungsofen s. Wärmetechnik.
Straße s. Kraftfahrzeuge, Lichttechnik.
Strompreise s. Elektrizitätswerke.

Stromrichter.
— **Allgemeines.**
Stromrichter (VDE-Bericht). 764.
Einführung zur Fachgruppe Stromrichter. O. Kasperowski. 897. Fachber. 103.
Die Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen. E. Schulze. *1037.
Neuzeitliche Hochvakuumpumpen. H. Klumb. *1445.
— **Quecksilberdampf-Gefäße.**
Neuere Messungen an Glasstromrichtern. A. Siemens. Vortr. 897. Fachber. 109.
Die Wirtschaftlichkeit der Stromrichter. Nach K. H. Haager. 953.
Großgleichrichter ohne Vakuumpumpe. W. Dällenbach u. E. Gerecke. Vortr. *937.
Die Eisengleichrichter-Anlagen der Untergrundbahn in London. Nach A. L. Lunn. 979.
Die Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen. E. Schulze. *1037.
Über die Zündung von Quecksilberdampf-Lichtbögen durch Innenzünder (Ignitron). Nach G. Mierdel. 1090.
— **Glühkathoden-Gefäße.**
Gesteuerte Glühkathodenstromrichter. 765.
Entwicklungsstand und Bewährung von Hochspannungs-Glühkathodenröhren mit Quecksilberdampffüllung. W. Kluge. Vortr. 897. Fachber. 104.
Strom- und Spannungsmessung mit Ventilgleichrichtern. Nach H. Geffcken. 1515.
— **Trocken-Gleichrichter.**
Wechselbeziehungen zwischen Gleichrichter und Ladetechnik. W. Kafka. Vortr. 897. Fachber. 106.
Theorie des mit Trockengleichrichtern arbeitenden Impulsmessers der Nachrichtentechnik. Nach R. Bauer u. E. Spenke. 940.
Ein neuer Schweißgleichrichter. Nach R. Hoffmann. 1453.

Stromrichter.
— **Steuerung von Stromrichtern.**
Umrichteranlage im Versuchsbetrieb. 765.
Speisung und Regelung von Gleichstrommotoren durch gittergesteuerte Gleichrichter. 765.
Die Steuerumrichter-Versuchsanlage im Saalachkraftwerk der Reichsbahn. Nach M. Bosch. 869.
Betriebs- und Meßergebnisse der Steuerumrichter-Versuchsanlage. Nach Kasperowski. 870.
Oberwellen-Messungen an einem gittergesteuerten Sechsphasen-Gleichrichter. E. Schulze. Vortr. 897. Fachber. 111.
Kurzzeitschalter mit gesteuerten Stromrichtergefäßen. W. Jacobi. Vortr. 898. Fachber. 130.
Besonderheiten bei der Regelung von Gleichstrommotoren durch Stromrichter. M. Stöhr. Vortr. 898. Fachber. 133.
Spannungsoberwellen bei Umrichtern. Nach F. Barz. 926.
Selbsttätiges Parallelschalten durch Stromrichter beim Synchronisieren. Nach V. Grosse u. J. E. E. Ginger. 1002.
Grundlagen der Wechselrichtung. Nach A. J. Schmidek. 1059.
Stromrichter zum Leistungsaustausch zwischen Drehstrom- und Gleichstromnetz. K. Baudisch u. W. Leukert. 1296.
Verwendung von Entladungsgefäßen bei elektr. Maschinen. Nach H. Sequenz. 1348.
Über die Entionisierung und Wiederzündung gittergesteuerter Gasentladungsgefäße. Nach P. K. Hermann. 1427.

Stromtarif s. Elektrizitätswerke.
Strömung s. Theoret. Elektrot.
Stromverdrängung s. Elektr. Maschinen.
Stromversorgung s. Bahnbau, Elektrizitätswerke, Energiewirtschaft.
Stromwandler s. Transformatoren.
Stromwendung s. Elektr. Maschinen.
Symbolische Methode s. Mathematik, Theoret. Elektrot.
Synchronisieren s. Schaltgeräte.
Synchronmaschinen s. Elektr. Masch.

Tagungen.
Zwischenstaatliche Zusammenarbeit (VDE-Bericht). 784.
Ergebnisse der Londoner Tagung des CISPR-Sachverständigen-Ausschusses vom 19. bis 20. 5. 1936. 948.
Die Volltagung der IFK in Budapest. 1069.
II. Internat. Kongreß für Brückenbau und Hochbau. 1096.
Internationaler Elektrowärmekongreß in Scheveningen vom 12. bis 15. Juni 1936. *1168.
Techn. Gauwoche Sachsen 1936. 1190.
6. Kongreß der Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique vom 10. bis 20. Juni 1936 in Scheveningen. 1246.
Gemeinsame Arbeitstagung der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und des Reichsverbandes der Elektrizitätsversorgung in Berlin. 1434.
12. Physiker- und Mathematikertag. Bad Salzbrunn, 13. bis 19. September 1936. E. Lübcke. *1479.
Korrosionstagung 1936. 1520.

Talsperren s. Elektrizitätswerke.
Tarifwesen s. Elektrizitätswerke.

Technische Akustik (s. a. Meßkunde.)
— **Telephone und Mikrophone.**
Über moderne Mikrophone und Telephone. 981.
Versuche zur Verbesserung von Telephonieanlagen für geräuscherfüllte Räume. Nach K. Krüger u. W. Willms. 1062.
— **Schallaufzeichnung.**
Das Magnetophon. E. Schüller. Vortr. 900. Fachber. 175.
Tonabnehmer und Lautsprecher nach VDE-Bestimmungen. K. Harnisch u. K. Gebhardt. *1421.
Verbreitung der Tonfilmtheater in europäischen Ländern. 1494.
— **Lärmbekämpfung.**
Geräuscherscheinungen bei elektr. Energieumsetzung. Nach E. Lübcke. 1239.
— **Verschiedenes.**
Elektroakustik (VDE-Bericht). 788.
Versuche zur Verbesserung von Telephonieanlagen für geräuscherfüllte Räume. Nach K. Krüger u. W. Willms. 1062.
Sprachuntersuchungen mit Siebketten und Oszillograph. Nach F. Trendelenburg u. E. Franz. 1324.
Akustik. Vorträge vom 12. Physiker- und Mathematikertag, Bad Salzbrunn. 1480.

Telegraphenwesen.
Telegraphie (VDE-Bericht). 784.
Einführung in die Fachgruppe Fernmeldetechnik. K. Küpfmüller. 899. Fachber. 166.
Der Verzerrungsmesser, ein vielseitiges Meßgerät für die Telegraphie. G. Keller. Vortr. 900. Fachber. 173.
Ein neues Mehrfach-Telegraphiersystem. Nach Y. Watanabe. 1187.
Elektr. Schnellnachrichtenverkehr in Deutschland. 1363.
Vermittlungsschränke und Zeichengebung des Fernschreiber-Vermittlungssystems. Nach A. D. Knowlton, G. A. Locke u. F. J. Singer. 1518.
Ein Übertragungssystem für den Fernschreibvermittlungsdienst. Nach R. E. Pierce u. E. W. Bemis. 1518.

Telephone s. Techn. Akustik.
Telephonie s. Fernsprechwesen, Hochfreq.-Tel., Leitungen, Verstärkert.
Tellur s. Theoret. Elektrot.
Temperatur s. Elektr. Masch., Meßkunde.
Temperaturregler s. Wärmetechnik.

Theoretische Elektrotechnik (s. a. Magnetismus, Physik).
— **Elektrisches Feld.**
Relaxationsschwingungen im Dauerzustand. Nach J. Hak. 812.
Die Braunsche Röhre als Spannungsmesser beim elektrolytischen Trog. M. v. Ardenne. *831.
Generator für hohe Gleichspannung. Nach W. H. Bennett. 926.
Die Gefahren der elektr. Aufladung von Zellhorn bei der Herstellung von Nitrolacken und ihre Verhütung. Nach H. Berger. 1006.
Felder und Ladungen um einen Hochspannungsleiter. Nach W. G. Hoover. 1190.

Digitized by Google

Theoretische Elektrotechnik.

Über die Ursachen der elektr. Aufladung von Turbinenläufern mittels Dampf. Nach Lisunoff. 1244.

— **Durchschlag von Gasen.**

Einfluß starker Bestrahlung auf den Zeitverzug im gleichförmigen Feld. Nach H. J. White. 918.

Einleitung von elektr. Entladungen durch Feldemission. Nach J. W. Flowers. 1211.

Die Stoßdurchschlagspannung und der Stoßdurchschlag im homogenen Felde bei niederen Drucken (100 bis 760 Torr). Nach A. Köhler. 1214.

Die zeitliche Hysterese der Ladungen bei elektr. Gleitentladungen. Nach R. Schiering. 1214.

— **Durchschlag flüssiger Isolierstoffe.**

Untersuchung über den Durchschlag und die Vorgänge bei elektr. Beanspruchung in Isolierölen verschiedener Festigkeit. Nach E. Conradi. 1520.

— **Durchschlag fester Isolierstoffe.**

Stoßdurchschlag von Dielektriken. 982.

Durchschlagkurven für feste Isolatoren. 1006.

Messung von Durchschlagsfeldstärken fester Isolierstoffe im Frequenzbereich 1 bis 15 MHz. Ausbau der Theorie des Wärmedurchschlags. Nach R. Becker. 1095.

Dendritenwachstum und Durchschlag in den Alkalihalogenidkristallen. Nach A. v. Hippel. 1243.

— **Dielektrische Verluste.**

Thermostatische Verlustmessung, insbesondere an Starkstromkondensatoren. H. W. L. Bruckman u. W. J. Reichert. Brf. 1071.

— H. Gönningen. Brf. 1072.

Verlustzahl von Hochfrequenz-Isolierstoffen bei hohen Temperaturen. Nach G. Straimer u. O. Zinke. 1213.

— **Elektrizitätsdurchgang durch Gase.**

Stoffe für den Leuchtschirm Braunscher Röhren. Nach Perkins u. Kaufmann. 1063.

Zum Vorgang im Braunschen Rohr. Nach Orth, Richards u. Headrick. 1119.

Zum Mechanismus der Hochfrequenzentladung. Nach H. Beck. 1120.

Elektronenanlagerung und Ionenbildung bei Gasen. Nach W. Rogowski. 1212.

Periodische Lichtemission einer mit Hochfrequenz betriebenen Entladungsröhre. Nach A. R. Frey. 1244.

— **Lichtbogen.**

Die Kennlinie der kurzdauernden stromstarken Lichtbogenentladung. Nach A. Wallraff. 841.

Temperaturverteilung und Elektronendichte in frei brennenden Lichtbogen. Nach H. Hörmann. 1212.

Das Potential eines im Hochvakuum isolierten Auffangschirmes bei Beschießung mit Elektronen. Nach H. Strübig. 1244.

Die Vorgänge an der Kathode von Lichtbogen. Nach O. Becken u. K. Sommermeyer. 1458.

Zur Frage der Berechtigung des Minimumprinzips in der Theorie der Bogenentladung. W. Elenbaas. Brf. 1497.

— F. Kesselring u. F. Koppelmann. Brf. 1498.

— **Elektronenoptik.**

Anwendungen der Elektronenoptik in der Fernsehtechnik. W. Heimann. Vortr. 900. Fachber. 185.

Theoretische Elektrotechnik.

Das Elektronenfernrohr. Nach Zworykin u. Morton. 1034.

Über die Umwandlung von Lichtbildern aus einem Spektralgebiet in ein anderes durch elektronenoptische Abbildung von Photokathoden. Nach M. v. Ardenne. 1270.

Ausführung von Elektronenlinsen mit Widerstandswendeln. Nach M. v. Ardenne. 1270.

Geometrische Elektronenoptik. Vorträge von dem 12. Physiker- und Mathematikertag. Bad Salzbrunn. 1479.

— **Wechselströme und Schwingungen.**

Theorie der Greinacher-Schaltung. Nach H. Piesch. 929.

Wechselstromleistungen in symbolischer Darstellung. Nach G. Hommel. 929.

Schwingungserzeuger für rein sinusförmige Schwingungen in einem großen Frequenzbereich. Nach A. M. Monnier u. J. Bazin. 1308.

Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücke mit selbsttätiger Abgleichung. Nach W. Geyger. 1428.

Die Untersuchung von Wechselstromschaltungen ohne komplexe Rechnung. Nach F. J. Rutgers. 1428.

Die Ermittlung von orthogonalen Kreisscharennetzen für die Darstellung vektorieller Zusammenhänge. Nach H. Kafka. 1519.

— **Induktivität.**

Empirische Formeln zur Berechnung der Induktivität von eisenlosen Zylinderspulen. Nach J. Hak. 812.

— **Leitung und Leitfähigkeit.**

Zur techn. Beherrschung des Wärmedurchschlages von Heißleitern. Nach E. Spenke. 1005.

Der Wechselstromwiderstand von Nickel im longitudinalen Magnetfelde. Nach M. M. Sen Gupta, H. B. Mohanti u. S. Sharan. 1034.

Die elektr. Leitfähigkeit komprimierter Metalldämpfe. Nach W. Braunbeck. 1095.

Neues Verfahren für die Berechnung von Stromverzweigungen. Nach Fleischmann. Vortr. 1125.

Anomale elektr. Leitfähigkeit in pulverförmigem Tellur. Nach C. H. Cartwright. 1244.

Über die genaue Messung der elektr. Leitfähigkeit und der Permeabilität von Eisendrähten. Nach E. Rath. 1432.

Einige Folgerungen aus dem Ableitungssatz von Helmholtz (Theorem von Thevenin). Nach H. Wigge. 1519.

— **Verschiedenes.**

Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik. W. Petersen. Vortr. *887.

Luftelektr. Untersuchungen während des Polarjahres. Nach M. A. Dauvillier. 1120.

Zur Praxis der symbolischen Methode zur Lösung von Ausgleichsvorgängen. Nach J. Hak. 1432.

Die flüchtigen Induktionsspannungen in einer beliebig verlaufenden geerdeten Einfachleitung. Nach H. Buchholz. 1432.

Therapie s. Medizin.
Thermoelemente s. Meßkunde.
Thermomeßgeräte s. Meßkunde.
Thingstätten s. Lichttechnik.
Tonabnehmer s. Techn. Akustik.
Töne s. Techn. Akustik.
Tonfilm s. Technische Akustik.

Transformatoren.

Öl s. Stoffkunde, Theoret. Elektrot.

— **Allgemeines.**

Neuere Untersuchungen zur Frage der Stoßbeanspruchung von Transformatoren. Nach R. Elsner. 925.

— **Leistungstransformatoren.**

Transformatoren (VDE-Bericht). 764.

Transformatoren mit magnetischen Nebenschlüssen. Nach E. Wirz. 836.

Windungsisolation von Großtransformatoren für sehr hohe Spannungen. Nach H. G. Nolen. 836.

Aus Betriebserfahrungen abgeleitete Verbesserungen am Buchholzschutz. E. Schmohl. Vortr. 894. Fachber. 39.

Neuartige Stufenschaltung für Anlaßtransformatoren. P. Müller. Vortr. 896. Fachber. 76.

Entsprechen die DIN VDE-Normen für hochlegierte Eisenbleche dem heutigen Stand des Transformatorenbaues? A. Heitmeier. Vortr. 896. Fachber. 100.

Ein neuer selbsttätiger Antrieb für Regeltransformatoren. W. Krämer. 898. Fachber. 128.

Nullpunktüberspannungen an Transformatoren und ihre Bekämpfung. G. Frühauf. Vortr. 899. Fachber. 156.

Kurzschlußschäden an Transformatoren. Nach H. Rengier. 1059.

Schutzwert von Drosselspulen vor Transformatoren. L. Gerhard. *1262. 1523.

Die Bestimmung der Kupferverluste bei Transformatoren für Gleichrichterbetrieb. Nach Th. Rosskopf. 1305.

Leistungstransformatoren mit konzentrischen Wicklungen. Nach K. K. Paluev. 1322.

Spartransformatoren für 287,5 kV. Nach W. G. James u. F. J. Vogel. 1323.

Buchholz-Relais neuer Bauart. Nach H. Prinz. 1483.

— **Meßwandler** (s. a. Prüfämter).

Über einige Neuerungen auf dem Gebiete der elektr. Feinmessungen. R. Schmidt. Vortr. 894. Fachber. 52.

Neue Strom- und Spannungswandler-Prüfeinrichtung und ihre Verwendung als Bürdenmesser. A. Keller. Vortr. 894. Fachber. 55.

Über die dynamische Kurzschlußfestigkeit von Stromwandlern. M. Walter. *1172.

Prüfung von Meßwandlern. Nach W. Geyger. 1240.

Stromwandler für Schaltanlagen. Nach M. Walter. 1514.

Treibstoffe s. Kraftfahrzeuge.
Triebfahrzeuge s. Bahnbau, Kraftfahrz.
Trockengleichrichter s. Stromrichter.
Trocknung s. Wärmetechnik.
Trog, elektrolyt., s. Theoret. Elektrot.
Turbinen s. Dampfturb., Wasserturb.
Turbogeneratoren, s. Elektr. Maschinen.

Überlandnetze s. Leitungen.

Überspannung.

— **Blitz und Gewitter.**

Gewitterforschung (VDE-Bericht). 772.

Hochspannungstechnik. 772.

Das Abspringen des Blitzes aus seiner ursprünglichen Bahnlinie. Nach B. Walter. 872.

Nullpunktüberspannungen an Transformatoren und ihre Bekämpfung. G. Frühauf. Vortr. 899. Fachber. 156.

Digitized by Google

Überspannung.
Gewittermessungen an Hochspannungsleitungen in der Schweiz. H. Grünewald. 1029. B. 1500.
Blitze und Blitzableiter. Nach P. Grenier. 1267.
— **Schaltvorgänge und Wanderwellen.**
Versuche über den Gewitterschutz von Wechselstrommaschinen. Nach E. M. Hunter. 835.
Einführung zur Fachgruppe Schaltvorgänge. A. Schwaiger. 899. Fachber. 152.
Einschaltüberspannungen in elektr. Maschinen. Nach J. F. Calvert u. F. D. Fielder. 1182.
Wanderwellen an unsymmetrischen Leitungen. Nach C. Flaam. 1355.
Wanderwellen auf Leitungsbündeln. Nach H. Schwenkhagen. 1433.
Überspannungsschutz.
Überspannungs-Ableiter (VDE-Bericht). 773.
Betriebserfahrungen mit Kathodenfallableitern. Nach v. Borries. 822.
Versuche über den Gewitterschutz von Wechselstrommaschinen. Nach E. M. Hunter. 835.
Einfluß der Einbauart von Überspannungsableitern auf die Betriebsergebnisse in einem 4 kV-Netz. Nach H. Halperin u. E. H. Grosser. 925.
Über die Schutzwirkung von Fernblitzableitern und die Blitzschlaghäufigkeit in einigen Großstädten. Von C. D. Beenken. 981.
Betriebserfahrungen an Kathodenfallableitern. Nach v. Borries. Vortr. 1015.
Neuzeitlicher Blitzschutz. Nach R. Friedrich. Vortr. 1015.
Zur Frage der Erdung von Freileitungsmasten im Hinblick auf Gewittereinwirkungen. H. Grünewald u. H. Zaduk. *1079. *1108.
Blitze und Blitzableiter. Nach P. Grenier. 1267.
Unterlagen zur Beurteilung der Gewittersicherheit von Freileitungsanlagen. Nach L. V. Bowley. 1349.
Erdseile bei Freileitungen und ihre Erdung. H. Grünewald. *1373.
Gesteuerte Schutzfunkenstrecken. Nach R. Higgins u. H. L. Rorden. 1513.

Überstrom und Kurzschluß.
Kurzschlußkräfte und Fundamentbelastungen. H. Winkelsträter. Vortr. 896. Fachber. 90.
Frequenz der nach dem Kurzschluß wiederkehrenden Spannung. O. Schwenk. Vortr. 899. Fachber. 163.
Der Anstieg der wiederkehrenden Spannung nach Kurzschlußabschaltungen im Netz. G. Hameister. *1025. *1052.
Zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme in vorbelasteten einfach und mehrfach gespeisten Netzen. A. v. Timascheff. *1083.

Überstromschutz (s. a. Prüfeinr., Schaltgeräte).
Schutzrelais (VDE-Bericht). 768.
Einführung zur Fachgruppe Relais und Schutzschaltungen. A. Schmolz. 894. Fachber. 34.
Anforderungen an die Schutzeinrichtungen beim Zusammenschalten von Hochspannungsnetzen. F. Boening. Vortr. 894. Fachber. 35.

Überstromschutz.
Zweckmäßige Prüfverfahren für den Selektivschutz. L. Rimmark. Vortrag. 894. Fachber. 44.
Einrelaisschaltungen des Impedanzschutzes und Schnellschaltmöglichkeit. F. Geise. Vortr. 894. Fachber. 47.
Selektivschutz für Einphasen-Wechselstrombahnen. F. Schneider. Vortrag 895. Fachber. 85.
Die Schmelzzeit von Schmelzsicherungen. Nach J. A. M. van Liempt u. J. A. de Vriend. 970.

Übertragung s. Leitungen.
Ultraviolett-Strahlung s. Lichttechnik.
Umformer s. Elektr. Maschinen.
Umrichter s. Stromrichter.
Umspanner s. Transformatoren.

Unfälle (s. a. Medizin).
Beleuchtung und Unfallgefahr. Nach H. Lossagk. 1060.

Unterricht (s. a. Abt. A II, Persönl.).
Die Hundertjahrfeier der T. H. Darmstadt. 949.
Große Meisterkurse Frankfurt a. M. 1190.
Umschulungslehrgang für Hochfrequenz-Konstrukteure. 1521.

Untersuchungen s. Prüfeinrichtungen.
Unterwerke s. Bahnbau, Elektr.-Werke.

Vakuum s. Stromrichter, Theoret. Elektr.
VDE s. Abt. A IV.
Verbände s. Abt. A IV.
Verbindungen s. Leitungen.
Verbrennungsmotor s. Brennkraftmasch.
Vereine s. Abt. A IV.
Verkehr s. Bahnbau, Fernsprechwesen, Flugwesen, Funkwesen, Kraftwagen, Lichttechnik, Schiffahrt, Signalwesen, Telegraphenwesen.
Verluste s. Elektr. Masch., Theor. Elektr., Transformatoren.
Verlustmessung s. Meßkunde.
Versammlungen s. Tagungen u. Abt. A IV, Verbandsnachr.

Verstärkertechnik (s. a. Röhren).
Ein Verstärker für piezoelektr. Druckmessungen. Nach N. G. Calvert. 1265.
Der Glimmverstärker und seine Verwendung zur Verstärkung von photoelektr. Strömen. Nach I. G. C. Weber. 1210.
Kompensations-Meßverstärker mit Photozellen. Nach R. W. Gilbert. 1486.

Versuchsanstalt s. Prüfeinrichtungen.
Versuchsfelder s. Meßkunde.
Verteilungsnetze s. Leitungen.
Verzerrung s. Leitungen, Meßkunde.
Verzweigungen s. Theoret. Elektrot.
Vorschriften s. Normen u. Abt. A IV.
Vorträge s. Unterricht u. Abt. A IV.

Walzwerk s. Hütte, Meßkunde.
Wanderwellen s. Überspannung.
Wandler s. Transformatoren.
Wärmedurchschlag s. Theoret. Elektrot.

Wärmekraft s. Dampfkessel, Dampfturbinen, Elektr.-Werke, Energiewirtsch.

Wärmetechnik (s. a. Dampfkessel, Dampfturbinen, Meßkunde).
— **Allgemeines.**
Dauerstromstärke in frei gespannten Widerstandsdrähten (WM 50). Nach R. Edler. 928.
Der Elektrowärmeverbrauch in den Haushaltungen, Hotels, Bäckereien und Konditoreien der Schweiz im Jahre 1934. 953.
Zur techn. Beherrschung des Wärmedurchschlages von Heißleitern. Nach E. Spenke. 1005.
Grundsätzliche Eigenheiten der Elektrowärme-Anwendungen in Industrie und Gewerbe. F. Mörtzsch. Vortr. *1097.
Elektrowärmegeräte bei der Schuhherstellung. 1098.
25 Jahre „Ausschuß für Elektrowärmegeräte". M. Howald. *1129.
Die Elektrowärmetechnik in den letzten 25 Jahren. G. Dettmar. *1131.
Auswahl der Werkstoffe für elektr. Wärmeerzeugung. Nach W. Hessenbruch. Vortr. 1134.
Werkstoffe für Elektrowärmegeräte. A. Thum u. F. Meyercordt. *1135.
Prüfanlagen und -verfahren für Elektrowärmegeräte in der VDE-Prüfstelle. L. Weis. *1166.
Gründung einer „Werbe- und Forschungsstelle auf dem Gebiete der Elektrowärme" in Nordböhmen. G. W. Meyer. 1267.
Elektrotechn. Aufzeichnungen von einer Studienreise nach dem Osten der V.S. Amerika (Anwendungen im Haushalt). H. Wüger. *1340.
Das Kanthal, eine Legierung für elektr. Widerstände. 1357.
Verbrauch elektrischer Energie in schweizerischen Haushaltungen, Hotels, Restaurants, Bäckereien und Konditoreien im Jahre 1935. 1492.
Eine anschauliche Deutung der Abzweigtemperatur scheibenförmiger Heißleiter. Nach E. Spenke. 1516.
— **Kochgeräte und elektr. Küche.**
Kochgeräte (VDE-Bericht). 779.
Die elektr. Großküche für das Krankenhaus in Asch. Nach F. Dittrich. 808.
Selbsttätige Kochregelung. Nach E. L. Hough. 839.
Gütegrad für elektr. Bratröhren. F. Dittrich. Brf. 1016.
Elektrowärmegeräte für die elektr. Küche, insbesondere die Großküche. F. Linke. *1158.
Elektr. Küche in V. S. Amerika. 1342.
Kochversuche mit Kochgefäßen verschiedener Größe. 1455.
— **Warmwasserbereitung.**
Heißwasserspeicher (VDE-Bericht). 779.
Der neue Höchstdruck-Dampfspeicher und seine Bedeutung für die Bereitschaftshaltung in der Elektrizitätsversorgung. Musil. Vortr. 893. Fachber. 6.
Betriebserfahrungen mit einem Einphasen - $16^2/_3$ Hz - Elektrodendampfkessel für 1000 kW, 0,2 atü. H. Weinrath. *1261.
— **Raumheizung.**
Raumheizung (VDE-Bericht). 780.
Elektr. Zugheizung. Nach Rauch. 1152.
Haus der Technik. 1326.
— **Kühlung.**
Kühlschränke (VDE-Bericht). 779. B. 824. B. 856.

Digitized by Google

Wärmetechnik.
Ein Überblick über die Bedeutung und die Bauarten elektr. Haushalt-Kühlschränke. K. Backhaus u. K. Heine. *1163.
Elektr. Raumkühler in V. S. Amerika. 1342.
— **Trocknungsgeräte.**
Neuzeitliche Trocknungsverfahren. Nach Lüthje. 950.
Elektrowärme im Druckbetrieb. W. Puppe. *1155.
— **Verschiedene Heizeinrichtungen.**
Die elektr. Heizung von Formpressen. Nach M. Bonnemort. 839. 871.
Elektr. Heizeinrichtung für Automobilkühler. Nach D. G. Sandeman. 839.
Elektrowärme in der Fleischerei. 1098.
Elektr. Waschen und Bügeln in V. S. Amerika. 1342.
— **Temperaturregler.**
Selbsttätige Kochregelung. Nach E. L. Hough. 839.
Über die Regelung der Temperatur in elektr. Öfen. Nach M. Melzer. 927.
Quecksilberschaltgeräte zur elektr. Temperaturregelung. Nach O. Eberle. Vortr. 1179.
Elektr. Messen und Regeln der Temperatur. H.-O. Meyer. *1417.
— **Elektrische Öfen.**
— — **Allgemeines.**
Industrieöfen (VDE-Bericht). 780.
Die Elektrizität in der Industrie (VDE-Bericht). 781.
Aufbau, Betrieb und Verwendungsbereiche der elektr. geheizten Industrieöfen. E. Schmidt. Vortr. *941.
Der heutige Stand der Elektrowärmeanwendung in der keramischen Industrie. Nach Masukowitz. 1033.
Grundsätzliche Eigenheiten der Elektrowärme-Anwendungen in Industrie und Gewerbe. F. Mörtzsch. Vortr. *1097.
Auswahl der Werkstoffe für elektr. Wärmeerzeugung. W. Hessenbruch. Vortr. 1134.
Einige Grundfragen des Elektroofenbaues. W. Fischer. Vortr. *1139. B. 1368.
Elektrowärme in der Schwerindustrie. Fr. Knoops. *1145.
Die elektr. Öfen in der englischen Metallurgie. 1211.
Die Graphitierung der Kohle in den elektr. Öfen. 1242.
— — **Schmelzöfen.**
Das Zusammenarbeiten von Hochofen-Kupolofen-Lichtbogenofen. 810.
Elektr. Schmelzöfen in Stahlwerken und Gießereien der Tschechoslowakei. 839.
Geschlossene Aluminiumbäder. Nach L. Ferrand. 868.
Aufbau, Betrieb und Verwendungsbereich von Elektrostahl- und Härteöfen. Nach E. Schmidt. Vortr. 958.
Eine neue Stahlgießerei mit elektr. Ofen. 1242.
Über den Betrieb mit elektr. Strahlungsöfen. 1352.
Die Elektrotechnik auf der Düsseldorfer Gießerei-Fachausstellung. 1358.
Das Sintern von Wolframkarbid in elektr. Öfen. 1482.
— — **Glüh- und Härteöfen.**
Aufbau, Betrieb und Verwendungsbereich von Elektrostahl- und Härteöfen. Nach E. Schmidt. Vortr. 958.

Wärmetechnik.
Ein elektr. Durchlaufofen zum Normalisieren von Stahlblech. 1093.
Glühofen mit Luftumwälzung. 1098.
Elektr. Öfen für die Wärmebehandlung von großen Maschinenstücken. Nach E. Gane. 1353.
Tischförderer für elektr. Glas-Glühöfen. 1354.
— **Schweißen** (s. a. Elektr. Maschinen, Stromrichter).
Schweißen (VDE-Bericht). 780.
Stand der elektr. Punktschweißung für Aluminium und seine Legierungen. Nach F. Bollenrath u. W. Bungardt. 1064.
Wärmeaufwand bei Feuerschweißung und elektr. Stumpfschweißung. 1100.
Die elektr. Schweißverfahren. O. Zdralek. *1148.
Die Schlauchelektrode zur Lichtbogenschweißung von Kupfer. Nach A. Natting u. W. Lessel. 1455.

Wärmewiderstand s. Meßkunde.
Warmwasserbereitung s. Wärmetechn.
Waschen s. Wärmetechnik.
Wasserkraftwerke s. Elektr.-Werke.

Wasserturbinen.
Zahnradgetriebe für Wassergeneratoren. Nach A. Engström. 1350.

Wasserwirtschaft s. Energiewirtschaft.
Wechselrichter s. Stromrichter.
Wechselströme s. Theoret. Elektrot.
Wehrtechnik s. Ingenieure, Luftfahrt.
Weiche, elektr., s. Funkwesen.
Wellen s. Elektr. Maschinen, Funkwesen.
Wellenmesser s. Meßkunde.

Werbung (s. a. Lichttechnik).
Gutes Licht — Gute Arbeit. Nach H. Steinwarz. 871.
Gutes Licht — Gute Arbeit. 1190.
Gründung einer „Werbe- und Forschungsstelle auf dem Gebiete der Elektrowärme" in Nordböhmen. G. W. Meyer. 1267.

Werkstatt (s. a. Maschinenantrieb).
Hartmetallwerkzeuge für die Bearbeitung von Steingut, Porzellan und Glas. Nach E. Dinglinger. 1120.

Werkstoffe s. Leitungen, Magnetismus, Stoffkunde, Theor. Elektrot.
Werkzeuge s. Maschinenantrieb, Werkstatt.

Wetterkunde (s. a. Funkwesen).
Über die Zusammenhänge der atmosphärischen Störungen mit den Schichten der Ionosphäre und deren Bedeutung für die Wetterkunde. G. Leithäuser u. W. Menzel. Vortr. 900. Fachber. 179.

Widerstände s. Meßkunde, Regelung, Theoret. Elektrot., Wärmetechnik.
Windkraft s. Elektrizitätswerke.
Wirtschaftlichkeit s. Bahnbau, Stromrichter.

Wirtschaftsbelebung.
Die Elektroindustrie (VDE-Bericht). 757.

Zählereinrichtungen s. Lichttechnik.
Zähler s. Meßkunde.
Zahnradgetriebe s. Elektr. Maschinen.

Zeitschriften s. Abt. A III, Schrifttum.
Zellhorn s. Stoffkunde.
Zentralen s. Elektrizitätswerke, Fernsprechwesen, Schaltanlagen.
Zentrifugen s. Maschinenantrieb.
Zink s. Elektrochemie.
Zugberechnung s. Bahnbau.
Zugheizung s. Wärmetechnik.

Zündung (s. a. Stromrichter).
Aus der Geschichte der elektr. Zündung für Verbrennungsmotoren. *1105.

Zusatzverluste s. Elektr. Maschinen.

II. Persönliches.

Auszeichnungen. 1126.
Hochschulnachrichten. 878. 935. 1104. 1334. 1497. 1523.
Nobelpreisträger. 1444.
Unsere Toten (aus dem VDE-Jahresbericht). 800. B. 856.

Ahlen, Franz. 1199.
Anderson, C. D. 1444.

Bauder, Reinhold. 1497.
Biermanns, Josef. 1016 (m. Bild).
Bosch, Robert. 1126 (m. Bild).
Brändle, Heinz. 1127.

Claussen, Guillermo, †. 1444.

Debye, Peter. 1444.
Dettmar, Georg. 1523.
Dornig, Walter, †. 1368 (m. Bild).

Essberger, John A. 935 (m. Bild).

Feldtkeller, Richard. 1497.
Fölmer, Max. 856.

Graetz, Max, †. 1126 (m. Bild).

Heß, Victor F. 1444.

Jordan, Hans. 1047.

Kloss, Max. 1223 (m. Bild).
Kollert, Julius. 1103.
König, Heinrich †. 1497.

Lenard, Philipp. 852. 1126.
Leonhard, A. 1334.
Liebl, Josef, †. 1334.
Lipken, Walther. 959 (m. Bild).
Ludin, Adolf, †. 823.

Mathiesen, Wilhelm, †. 823 (m. Bild).
Mayer, Xaver. 1368 (m. Bild).
Moeller, Franz. 878.

Norberg Schulz, Ths. 1016.
Nübling, Richard, †. 1255 (m. Bild).

Oertel, F. 935.

Rachel, A. 1104.
Reis, Philipp. 1257.
Riedel, Friedrich, †. 1047.
Rihl, Wilhelm. Von E. Fischer. 1223 (m. Bild).
Ritter, Ernst Richard, †. 935. Von H. Jung. 992 (m. Bild).
Roscher, Heinrich, †. 1047.

Scheel, Karl †. Von J. Wallot. 1497 (m. Bild).
Schottky, W. 1444.
Stäblein, Wilhelm. 1104.
Stadler, Richard v. 1126.
Stancescu, Jonu. 1127.
Stoffer, Paul †. 852 (m. Bild).

Digitized by Google

Stoffer, Paul, †. 852 (m. Bild).

Tesla, Nikola. 823 (m. Bild).

Ullmann, Edgar, †. 935. 1015.

Vieweger, Hugo, †. 1126.

Wecken, Wilhelm. 1311.
Weston, Edward, †. 1072 (m. Bild).

Ziehl, Emil. 959 (m. Bild).
Zill, Walter. 1223.
Zühlke, Marcel. 1127.

III. Schrifttum.

Neue Zeitschriften.

Philips' Technische Rundschau. 1336.
Akustische Zeitschrift. 1444.

Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ).

Messehefte 1937 der ETZ. 1434. 1488.

Eingänge.

Bücher. 824. 856. 880. 936. 960. 1048. 1104. 1128. 1200. 1224. 1256. 1279. 1312. 1336. 1444. 1468. 1500. 1524.
Doktordissertationen. 856. 880. 936. 960. 1016. 1072. 1280. 1312. 1336. 1444. 1524.
Sonderdrucke. 880. 1280.

Verschiedenes.

Veröffentlichungen des VDE. 796.
Vortragsreihe 1935 „Elektr. Bahnen" in Buchform. 822.
Zur Frage der Erzeugungsmenge an wissenschaftlichem Schrifttum. C. Björkbom. 842.
VDE-Fachberichtheft 1936. 1441. 1466.

Buchbesprechungen.

Annuaire 1935. Von H. Hasse. 1104.
Berufsbilder für Facharbeiterberufe in der Industrie. Von K. Elbel. 1256.
Die Elektrizitäts-Wirtschaft im Deutschen Reich. Von B. Maring. 936.
DIN-Taschenbuch 10. Von A. Przygode. 879.
50 Jahre Bosch. Von G. H. Winkler. 1127.
Misure. Von G. Rautenkrantz. 1277.
Stahl im Hochbau. Von A. Przygode. 855.
Technische Berichte. Von A. Przygode. 1468.

Alterthum, H., Elektrische Öfen. Herausg. v. A. Bräuer u. J. Reitstötter. Von K. Arndt. 1127.

Angerer, E. v., Technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen. Von A. Wehnelt. 1224.

Becker, K., Hartmetallwerkzeuge. Von E. Göhre. 1524.

Bergtold, F., Röhrenbuch für Rundfunk- und Verstärkertechnik. Von K. Mühlbrett. 878. B. 1104.
— — Von E. Gehrts. 1523.

Bode, F., Lehrbuch zur Vorbereitung für die Ablegung der Gesellen- und Meisterprüfung im Elektro-Installateur-Handwerk. Von K. Krohne. 1335.

Boehmer, Th. v., Der Schutzbereich des Deutschen Reichs-Patentes. Von K. Kahle. 1128.

Bolton, D. J., Electrical Engineering Economics. Von W. Hoppe. 1255.

Born, E., s. Dietze, T.

Bošnjaković, F., Technische Thermodynamik. Unt. Mitw. v. A. Naegel, W. Pauer u. H. Pfützner. Von O. Schöne. 879.

Bräuer, A., s. Alterthum, H.

Chauvet, R.-P., Montage des lignes électriques aeriennes. Von H. Schmieder. 1277.

Dänzer, H., Grundlagen der Quantenmechanik. Von H. Dießelhorst. 1224.

Darge, H., E. Melchinger u. F. Rumpf, Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft. Von Aßmann. 878.

Degosang, O., s. Rothe, R.

Dietze, T., u. E. Born, Die Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn im Bild. Herausg. v. H. Maey. Von E. C. Zehme. 1276.

Dreyer, E. A., u. W. Schnoor, Friedr. Vieweg & Sohn in 150 Jahren deutscher Geistesgeschichte. Von E. C. Zehme. 1279.

Ehrismann, A., Transportable Rundfunkempfänger für Reise und Heim. Von K. Mühlbrett. 1104.

Feilhauer, W., Die Fernmeldebetriebsordnung für die Verkehrsflugsicherung. Von H. J. Zetzmann. 1255.

Frei, H., Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen. Von E. Lübcke. 855.

Geffcken, H., u. H. Richter, Die Photozelle in der Technik. Von W. Voege. 935.

Gehlhoff, K., s. Kammerloher, J.

Geuter, P., Der Rundfunkfachmann. Von K. Mühlbrett. 1276.

Gubler-Wehrli, H., Die Holdingkonzerne in der nordamerikanischen Elektrizitätswirtschaft. Herausg. v. W. Hasenack. Von H. Winkler. 1279.

Guillemin, E. A., Communication Networks. Von K. Höpfner. 878.

Günther, H., Fernsehen in praktischen Versuchen. Von K. Mühlbrett. 1335.

Haberland, G. u. F., Mechanik. Von H. Müller. 1312.

Hartmann, J., The Plate-Jet. Von K. Seethaler. 1127.

Hasenack, W., s. Gubler-Wehrli, H.

Henley, J. A., s. Mac Gregor-Morris, J. T.

Herrmann, I., Funktechnik I., Von K. Mühlbrett. 1048.

Holstein-Rathlou, E. v., Über die Stromverhältnisse bei augenblicklich tödlichen elektr. Unfällen. Von K. Alvensleben. 1335.

Holzer, W., Kathodenstrahl-Oszillograph in Biologie und Medizin. Von F. Hauffe. 1200.

Hutterer, F., s. Mayer-Sidd.

Kammerloher, J., Hochfrequenztechnik 1. Herausg. v. K. Gehlhoff. Von K. Mühlbrett. 1255.

Kappelmayer, O., Fernsehen von heute. Von K. Mühlbrett. 1312.

Kloess, A., Die allgemeine Energiewirtschaft. Von G. Aßmann. 1278.

Köhler, F., s. Paetzoldt †, M.

Konrad, E., Die kommunale und genossenschaftliche Elektrizitätsversorgung im rechtsrheinischen Bayern. Von J. Leonpacher. 1312.

Kummer, H., Unrechtmäßige Entziehung von Energie. Von G. Aßmann. 1278.

Langer, M., Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik. Von K. Küpfmüller. 1311.

Lavanchy, Ch., Méthode Générale de Calcul des Réseaux Electriques Maillés en Rég. Equilibrés et Déséquilibrés. Von O. Burger. 1048.

Lucas, K. W., s. Wigand, R.

MacGregor-Morris, J. T., u. J. A. Henley, Cathode ray oscillography. Herausg. v. H. P. Young. Von M. Knoll. 1277.

Maey, H., s. Dietze, T.

Malisius, R., Schrumpfung geschweißter Stumpfnähte. Von O. Zdralek. 1104.

Mangold, R., Die elektrotechnische Industrie und der chinesische Markt. Von H. Spies. 959.

Mayer-Sidd u. Fr. Hutterer, Merkbuch für Fehler bei der Metallbearbeitung. Von A. Krüger. 1127.

Meiners, G., Die Technik selbsttätiger Steuerungen und Anlagen. Von R. Edler. 1334.

Melchinger, E., s. Darge, H.

Moede, W., Arbeitstechnik. Von O. Klutke. 855.

Naegel, A., s. Bošnjaković, F.

Neugebauer, H., s. Schleicher, M.

Osann, B., Moderne Stahlgießereien. Von H. Kalpers. 879.

Paetzold †, M., u. F. Köhler, Grundlagen des Aufzugsbaues. Von C. Michenfelder. 1312.

Pauer, W., s. Bošnjaković, F.

Pearson, E. S., The application of statistical methods to industrial standardisation and quality control. Von F. Lubberger. 1279.

Pfützner, H., s. Bošnjakovič, F.

Polack, H., s. Schleicher, M.

Pöschl, Th., Elementare Festigkeitslehre. Von Th. Dusold. 1277.

Predeek, A., Die Dokumentationsstelle für das technisch-wissenschaftliche Schrifttum in der Bibliothek der Technischen Hochschule zu Berlin. Von O. Frank. 959.

Reitstötter, J., s. Alterthum, H.

Richter, H., s. Geffcken, H.

Rothe, R., u. O. Degosang, Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Von H. Timerding. 1276.

Rumpf, F., s. Darge, H.

Sarsfield, L. G. H., Electrical Engineering in Radiology. Von H. Graf. 1334. 1524.

Schimpf, R., s. Schleicher, M.

Digitized by Google

Schleicher, M., Die moderne Selektivschutztechnik und die Methoden zur Fehlerortung in Hochspannungsanlagen. Unt. Mitarb. v. H. Neugebauer, H. Polack, R. Schimpf u. J. Sorge. Von A. Schmolz. 935.
Schnoor, W., s. Dreyer, E. A.
Skirl, W., Elektr. Messungen. Von G. Pfestorff. 1199.
Sorge, J., s. Schleicher, M.
Spitzer, F., Rezepte für die Werkstatt. Von A. Krüger. 1128.

Thirring, H., Die Photoelemente und ihre Anwendung. Von W. Voege. 1523.
Trendelenburg, F., Klänge und Geräusche. Von J. Fischer. 879.

Vierling, O. Das elektroakustische Klavier. Von E. Lübcke. 1468.

Weichart, F., Die physikalischen Grundlagen der Rundfunktechnik, 3. Teil. Von K. Mühlbrett. 1335.
Wigand, R., u. K. W. Lucas. Bessere Antennen — besserer Empfang. Von K. Mühlbrett. 1468.
Wigge, Lärm. Von E. Lübcke. 1048.
Wilke, G., Gewerblicher Rechtsschutz. Von K. Kahle. 1335.

Young, H. P., s. MacGregor-Morris, J. T.

IV. Verbandsnachrichten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Ausschüsse.

(Änd. = Änderungen und Nachträge zu früheren Fassungen und bestehenden Bestimmungen. Entw. = vollständiger Abdruck von Entwürfen.)

Aussch. f. Bergwerksanlagen.

VDE 0118/19.. „Vorschr. f. d. Errichtung elektr. Anl. i. Bergwerken unter Tage (B. u. T.)". Entw. 931. 955. 987.
— Einführung dazu. Th. Teinert u. W. Philippi. *1088.

Ausschuß f. Drähte und Kabel.

VDE 0202 „Vorschr. f. Aluminium für Elektrot.". Entw. 1011.
VDE 01250/1936 „Umstell-Vorschr. f. isol. Leitungen in Starkstromanl.". Endgültige Fassung. 1195. 1219. Änd. 1521.
VDE 0260/1936 „Vorschr. f. Papierbleikabel m. Aluminiumleitern in Starkstromanl.". Entw. 819. Änd. 1251. B. 1312.
VDE 0265/1936 „Vorschr. f. Gummibleikabel in Starkstromanl.". Entw. 847.
VDE 01265/1936 „Umstellvorschr. f. Gummibleikabel in Starkstromanl.". Entw. 849.
Normblatt DIN VDE 501 „Werkstoffe, Halbzeug aus Aluminium". Entw. 1012.
Normblatt DIN VDE 6420 „Aluminiumdraht rund". Entw. 1013.
Normblatt DIN VDE 6421 „Aluminiumstangen rund". Entw. 1014.
Normblatt DIN VDE 6422 „Aluminiumstangen flach". Entw. 1012.
Normblatt DIN VDE 6423 „Aluminiumrohr". Entw. 1013.

Aussch. f. Elektrowärmegeräte.

25 Jahre „Ausschuß für Elektrowärmegeräte". M. Howald. *1129.
Teilnehmer an der 25-Jahr-Feier. 1309.
Normblatt DIN VDE 4910 „Herdeinsätze". Entw. 1014.
Normblatt DIN VDE 4916 „Bratöfen". Entw. 1015.

Aussch. f. Errichtungsvorschr. I.

VDE 0100/1934 „Vorschr. nebst Ausführungsregeln f. d. Errichtung v. Starkstromanl. m. Betriebsspann. unt. 1000 V, V. E. S. 1". Änd. 1439.
Elektr. Einrichtungen für die Unterkunftsbaracken des Reichsarbeitsdienstes. 877.

Ausschuß für Freileitungen.

VDE 0210/1934 „Vorschr. f. d. Bau v. Starkstr.-Freileitungen V.S.F." Änd. 1439.

Aussch. f. Hochfrequenztechnik.

VDE 0855 „Vorschr. f. Antennenanl.". Entw. 1043.

Aussch. f. Installationsmaterial.

VDE 0610/1935 „Vorschr., Reg. u. Norm. f. d. Konstr. u. Prüf. v. Installationsmat. bis 750 V Nennsp. K. P. I.". Umstellvorschr. 1333. Änd. 1521.
VDE 0630/1933 „Vorschr. f. Geräteschalter". Änd. 1251.
Normblatt DIN VDE 300 „Tastfinger". Entw. 1045.
Normblatt DIN VDE 6207 „Anschlußklemmen". Entw. 1046.
Normblatt DIN VDE 9030 „Isolierrohre mit gefalztem Mantel". Umstellnorm. 1333.
Normblatt DIN VDE 9100 „Mittenabst. f. Sockel-Befestigungslöcher". Entw. 1046.

Ausschuß für Isolatoren.

Normblatt DIN VDE 8009 „Vollkernisolatoren Reihe VK". Änd. 1253.

Ausschuß für Isolieröle.

VDE 0370 „Vorschr. f. Schalter- u. Transformatorenöle". Änd. 1219.

Ausschuß für Isolierstoffe.

VDE 0322 „Leits. f. d. Prüfung v. Hartgummi". Entw. 1365.

Ausschuß für Klein- und Kleinspannungs-Transformatoren.

VDE 0550/1936 „Vorschr. f. Bau u. Prüfg. v. Schutz-, Netzfernmelde- u. sonstig. Transf. f. Kleinspann. u. Kleinleistg." Änd. 1199.

Ausschuß für Rundfunkstörungen.

VDE 0874/1935 „Leits. f. Maßnahmen an Maschinen und Geräten z. Vermind. v. Rundfunkstör.". Änd. 1495. B. 1522.

Aussch. f. Sicherungswesen.

VDE 0641/1936 „Leits. f. Leitungsschutzschalter bis 15 A, 380 V". Änd. 1309. 1521.

Ausschuß für Stromrichter.

VDE 0555/1936 „Regeln für Stromrichter". Änd. 1463.

Normblätter.

DIN VDE 300 „Tastfinger". Entw. 1045.
DIN VDE 501 „Werkstoffe, Halbzeug aus Aluminium". Entw. 1012.
DIN VDE 4910 „Herdeinsätze". Entw. 1014.
DIN VDE 4916 „Bratöfen". Entw. 1015.
DIN VDE 6207 „Anschlußklemmen". Entw. 1046.
DIN VDE 6420 „Aluminiumdraht rund". Entw. 1013.
DIN VDE 6421 „Aluminiumstangen rund". Entw. 1014.
DIN VDE 6422 „Aluminiumstangen flach". Entw. 1012.
DIN VDE 6423 „Aluminiumrohr". Entw. 1013.
DIN VDE 8009 „Vollkernisolatoren Reihe VK". Änd. 1253.
DIN VDE 2030. „Isolierrohre mit gefalztem Mantel". Umstellnorm. 1333.
DIN VDE 9100 „Mittenabst. f. Sockel-Befestigungslöcher". Entw. 1046.
Neue Normblätter. 1365. 1441.

Prüfstelle des VDE.

Prüfstelle (Jahresbericht). 798.
Installations-Selbstschalter. 1015. 1275.
Zurückziehung von Prüfzeichengenehmigungen. 1046. 1103. 1199. 1466.
Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens. 1125. 1199.
Prüfanlagen und -verfahren für Elektrowärmegeräte in der VDE-Prüfstelle. L. Weis. *1166.
Benutzung eines dem VDE-Zeichen ähnlichen Zeichens. 1275.
Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens. 1333.

Mitgliederversammlung.

Zur Tagung des VDE in München. *753.
Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzen Zeit. R. Bingel, A. Bürklin, O. Clemens, F. Gladenbeck, K. Heine, W. Hohle, E. Hueter, M. Kloß, C. Körfer, E. Kühn, E. Lübcke, G. Lucas, H. Meyer-Delius, H. Probst, A. Rachel, H. Reckenthäler, W. Rier, K. Rißmüller, K. Rottsieper, M. Schenkel, R. Schimpf, M. Schleicher, I. Sihler, W. Stäblein, R. Tröger, R. Vieweg, M. Walter, M. Wolff. *757. B. 824.
Bekanntmachung betr. Fundsachen. 850.
Die 38. Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in München. H. Müller. 881.
Grundlagen und Ziele elektrotechn. Arbeitens. W. Ohnesorge. Vortr. *885.
Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik. W. Petersen. Vortr. *887.
Entsprechen die DIN VDE-Normen für hochlegierte Eisenbleche dem heutigen Stand des Transformatorenbaues? A. Heitmeier. Vortr. 896. Fachber. 100.
Das Jungingenieurtreffen 1936 in München. H. Hasse. *901.
Die Jungingenieurarbeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Ansprache auf dem Jungingenieurtreffen des VDE in München 1936. G. Müller. *903.
VDE-Fachberichtheft 1936. 1441. 1466.
Fachberichte der Tagung, München 1936, sind in Abt. A I aufgeführt mit dem Zusatz „Fachber." und der Seitenzahl im Fachberichtheft.
Fachberichte zur VDE-Mitgliederversammlung 1937. 1521.

Digitized by Google

Verschiedenes.

Der VDE und die Elektrotechnik. H. Blendermann. *754.
Tätigkeitsbericht des VDE 1935/36. H. Blendermann. *789.
Die Volltagung der 1FK in Budapest. 1069.
Neue VDE-Sonderdrucke. 1103.
Neuregelung des Verhältnisses der VDE-Mitglieder zur Arbeitsfront. 1195.
Bekanntmachung betr. Deutscher Ausschuß der CIGRE. 1466.

Gau Berlin-Brandenburg
(vormals Elektrot. Verein).

Einladungen.

Gauversammlung. 1125. 1254. 1367. 1441.
Außerordentl. Gauversammlung. 1046. 1333.
Fachgruppe: Elektrophysik. 1466. 1495.
Fachgruppe: Funktechnik und Verstärkertechnik. 1367.
Fachgruppe: Installationstechnik. 1103. 1254. 1275.
Fachgruppe: Kabeltechnik. 1275.
Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure. 1222. 1254. 1275. 1311. 1333. 1367. 1441. 1467.
Besichtigung der Vereinigte Aluminium-Werke AG. Lautawerk, Lausitz. 1070.
Besichtigung des Hochleistungsprüffeldes im Abspannwerk Scharnhorst der Berliner Kraft- und Licht-AG. (Bewag). 1222.
Besichtigung des Kabelwerks Oberspree der AEG. 1311.
Fest der Technik. 1254. 1275.
Winterfest. 1467. 1522.
Umschulungslehrgang für Hochfrequenzkonstrukteure. 1521.

Sitzungsberichte.

14. I. 1936. 989.
23. IV. 1936. 1442.

Vorträge.

Vortragsreihe „Fernsehen". 1125. 1222.
Vortragsreihe. „Entwicklung, Gestaltung und Verwendung elektrotechn. Isolierstoffe." 1467. 1522.
Aschermann, G., Wenig bekannte Verfahren der Lichterzeugung. 1442.
Denk, F., Die Auswahl von Niederspannungs-Schaltgeräten für Industrieanlagen. *1215.
— F., Bemessung neuzeitlicher Niederspannungs-Schaltgeräte auf Grund der Kurzschlußverhältnisse in Industrieanlagen. *1271.
Fischer, W., Einige Grundfragen des Elektroofenbaues. *1139. B. 1368.
Hauke, H., Röhrenregler für Zähler-Eichstationen. *873.
Krefft, H., Über Fortschritte auf dem Gebiet der Quecksilberdampflampe. 1442.
Krohne, E., F. Klostermann u. W. Estorff, Leistungstrennschalter. *961. Bespr. 989.
Mörtzsch, F., Grundsätzliche Eigenheiten der Elektrowärme-Anwendungen in Industrie und Gewerbe. *1097.
Oertel, F., Wege und Ziele der heutigen Elektroantriebstechnik. *1413. *1448.
Schrank, W., Rundfunkstörschutz an elektr. Maschinen und Geräten. *815.

Verschiedenes.

Vortragsreihe 1935 „Elektr. Bahnen" in Buchform. 822.

Andere Gaue des VDE.

Gau Bergisch-Land. 1103.
Gau Halle. 851.
Gau Hansa. 958. 1496.
Gau Köln. 822. 1496.
Gau Kurpfalz. 1125.
Gau Magdeburg. 1522.
Gau Nordhessen. 1015.
Gau Oberschlesien. 877.
Gau Saar. 1070.
Gau Südbayern. 1047.
Gau Südsachsen. 1015. 1070.
Sitzungskalender. 1047. 1071. 1103. 1199. 1223. 1254. 1276. 1311. 1333. 1367. 1442. 1467. 1496. 1523.

Fremde Vereine und Verbände.

74. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure (VDI). 950.
Veranstaltungen anderer Vereine. 1048. 1072. 1128. 1200. 1224. 1280. 1336. 1368. 1444. 1468. 1500.

V. Geschäftliche Mitteilungen.

Außenhandel.

Schweizer Elektroaußenhandel 1935. 846.
Elektro-Außenhandel 1935 in Estland, Lettland, Litauen. 954.
Frankreichs Elektro-Außenhandel 1935. 1194.
Welt-Elektro-Ausfuhr im 1. Halbjahr 1936. 1250.
Deutscher Elektro-Außenhandel Januar —September 1936. 1437.
Brasilien als Absatzmarkt für elektrotechn. Haushaltgeräte. 1493.

Christian Geyger G. m. b. H., Nürnberg, 25jähriges Jubiläum. 1250.

Elektroindustrie.

Die Elektroindustrie (VDE-Bericht). 757.
Aus der japanischen Aluminiumindustrie. 930.
Marktregelung in der Elektro-Beleuchtungs-Industrie. 953.
Kanadas Rundfunkindustrie. 1068.
Beschäftigung der deutschen Elektroindustrie im zweiten Vierteljahr 1936. 1194.
Die schwedische Elektroindustrie im Jahre 1935. 1249. B. 1280.
Regionale und Größengliederung der deutschen Elektroindustrie. 1364.
Beschäftigung der deutschen Elektroindustrie im 3. Vierteljahr 1936. 1494.
Dividendensenkung bei Philips. 1494.

Fernsprechstellen der Welt. 1068.
Handelsregistereintragungen. 953. 1010. 1250. 1494.

Jahresberichten, Aus den — deutscher Elektrizitätswerke.

AG Sächsische Werke. 1362.
Badenwerk. 1362.
Bayernwerk AG. 1362.
Elektricitätswerk Südwest AG. 1362.
Elektricitätswerk Unterelbe. 1362.
Elektr.-AG. Mitteldeutschland. 1362.
Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG. 1362.
Elektrizitätswerk Schlesien AG. 1362.
Elektrowerke AG. 1362.
Großkraftwerk Stettin AG. 1362.
Großkraftwerk Württemberg AG. 1362.
Kommunale Elektrizitätswerk Mark AG. 1362.
Lech-Elektrizitätswerke AG. 1362.
Märkisches Elektricitätswerk. 1362.
Neckarwerke AG. 1362.
Oberschwäb. Elektrizitätswerke. 1362.
Ostpreußenwerk AG. 1362.
Pfalzwerke AG. 1362.
Preuß. Elektrizitäts AG. 1362.
Rhein.-Westfälisches Elektrizitätswerk AG. 1362.
Thür. Landeselektr. AG. 1362.
Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG. 1362.

Metallpreise im 1. Halbjahr 1936. 1492.
Schneider & Co., Frankfurt/Main. 25jähriges Bestehen. 953.
Wilhelm Binder Maschinen- und Elektro-Apparate-Fabriken, Villingen-Schwarzwald, 25jähriges Bestehen. 846.

Digitized by Google

B. Namenverzeichnis.

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II des Sachverzeichnisses.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. Fachber. = VDE-Fachberichtheft 1936. — Rezens. = Besprechung. — Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl.

Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

Aigner, V., Die Symmetrierung unsymmetrisch belasteter Drehstromnetze durch ruhende Ausgleichkreise. *971. *997.

— Über den Sicherheitsgrad von Hochspannungsanlagen. Vortr. 1522.

Alten, F., Ein graphischer Beitrag zur Schering-Brücke. *807.

Alvensleben, K. (Rezens.), E. v. Holstein-Rathlou, Über die Stromverhältnisse bei augenblicklich tödlichen elektr. Unfällen. 1335.

Ardenne, M. v., Die Braunsche Röhre als Spannungsmesser beim elektrolytischen Trog. *831.

— M. v., Ausführung von Elektronenlinsen mit Widerstandswendeln. 1270.

— M. v., Über die Umwandlung von Lichtbildern aus einem Spektralgebiet in ein anderes durch elektronenoptische Abbildung von Photokathoden. 1270.

— M. v., Spannungsmessungen bei extrem hohen Frequenzen mit dem Dioden-Voltmeter. 1515.

Arendt, P. R., Neuere Entwicklung der Fernmeldetechnik infolge der Verwendung höherer Frequenzen. Vortr. 900. Fachber. 170.

Arndt, K. (Rezens.), H. Alterthum, Elektr. Öfen. 1127.

— K., Der Entladungsvorgang beim Bleisammler. *1344.

Aschermann, G., Wenig bekannte Verfahren der Lichterzeugung. Vortr. 1442.

Aßmann (Rezens.), H. Darge, E. Melchinger u. F. Rumpf, Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft. 878.

— G. (Rezens.), H. Kummer, Unrechtmäßige Entziehung von Energie. 1278.

— G. (Rezens.), A. Kloess, Die allgemeine Energiewirtschaft. 1278.

Bachstroem, R., Über die Wirkung von leitenden Hüllen bei Hochfrequenzspulen. 840.

Backhaus, K., u. K. Heine, Ein Überblick über die Bedeutung und die Bauarten elektr. Haushalt-Kühlschränke. *1163.

Bailey, A., u. H. M. Thomson, Transatlantische Langwellen-Sprechverbindungen. 976.

Bailey, A., u. A. E. Happer, Langwellen-Ausbreitungserscheinungen in Abhängigkeit vom Aufhören der Sonnenstrahlung. 980.

Ballentin, A., Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch gute Beleuchtung. 1435.

Barrère, M., Die synchrone Blindleistungsmaschine von 20 000 kVA des Werkes Creney. 1091.

Barstow, J. M., P. W. Blye u. H. E. Kent, Messung von Geräuschspannungen und Starkstromformfaktoren. 1212.

Barthélemy, D., Techn. Einzelheiten über den Fernsehsender auf dem Eiffelturm. 1457.

Barz, F., Spannungsoberwellen bei Umrichtern. 926.

Batsch, H., u. A. Meißner, Wärmewiderstandsmessungen an Isolierstoffen. 1316.

Baudisch, K., u. W. Leukert, Stromrichter zum Leistungsaustausch zwischen Drehstrom- und Gleichstromnetz. *1296.

Bauer, H., Antriebe mit Genauigkeitsschaltung für Werkzeugmaschinen. Vortr. 895. Fachber. 65.

— R., u. E. Spenke, Theorie des mit Trockengleichrichtern arbeitenden Impulsmessers der Nachrichtentechnik. 940.

— R., Das Impulsmesserprinzip und seine Anwendung in neuen Meß- und Überwachungsgeräten der Nachrichtentechnik. 1240.

Baumann, K., u. A. Ettinger, Ein neues Blindlandungsverfahren. 1486.

Bayha, H., Beispiele aus der Antriebstechnik in der Nahrungsmittelindustrie. Vortr. 895. Fachber. 71.

Bazin, J., s. Monnier, A. M.

Bearce, W. D., Elektr. Betrieb auf der Strecke New York—Washington. 871.

Beck, H., Zum Mechanismus der Hochfrequenzentladung. 1120.

Becken, O., u. K. Sommermeyer, Die Vorgänge an der Kathode von Lichtbögen. 1458.

Becker, R., Messung von Durchschlagsfeldstärken fester Isolierstoffe im Frequenzbereich 1 bis 15 MHz. Ausbau der Theorie des Wärmedurchschlags. 1095.

Bedford, B. D., F. R. Elder u. C. H. Willis, Gleichstrom-Hochspannungsübertragung. 1349.

Beenken, C. D., Über die Schutzwirkung von Fernblitzableitern und die Blitzschlaghäufigkeit in einigen Großstädten. 981.

Bemis, E. W., s. Pierce, R. E.

Benford, F., Ein lichtstarker Monochromator für das Ultraviolett. 1266.

Bennett, W. H., Generator für hohe Gleichspannung. 926.

Berger, H., Die Gefahren der elektr. Aufladung von Zellhorn bei der Herstellung von Nitrolacken und ihre Verhütung. 1006.

Bergmann, L., u. J. Hänsler, Lichtelektr. Untersuchungen an Halbleitern. 1189.

Bewley, L. V., Unterlagen zur Beurteilung der Gewittersicherheit von Freileitungsanlagen. 1349.

Bianchi, Gleichstrom-Triebwagen der Italienischen Staatsbahnen. 1186.

Bidlingmaier, M., s. Thilo, H. G.

Bihet, L., Elektrolytische Bestimmung der nichtmetallischen Einschlüsse in den Stählen. Vortr. 1357.

Bingel, R., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.

Björkbom, C., Zur Frage der Erzeugungsmenge an wissenschaftlichem Schrifttum. 842.

Blendermann, H., Der VDE und die Elektrotechnik. *754.

— H., Tätigkeitsbericht des VDE 1935/36. *789.

Block, L., Rundfunkstörungen durch Natriumdampflampen. 1456.

Blye, P. W., s. Barstow, J. M.

Bödefeld, Th., Einführung zur Fachgruppe Maschinen und Transformatoren. 896. Fachber. 89.

Boekels, H., u. W. Krannich, Ein neues Umschaltrelais für Störungsschreiber. *861.

— H., Neuzeitliche Geräte zur Störungsaufklärung. Vortr. 894. Fachber. 60.

— H., u. F. W. Müller, Hochempfindliche Zeigerfrequenzmesser. *1259.

Digitized by Google

Bollenrath, F., u. W. Bungardt, Stand der elektr. Punktschweißung für Aluminium und seine Legierungen. 1064.
Boller, W., Von der Arbeit des Chemikers im Elektromaschinenbau. 1064.
Bolling, W., Elektrisierung dünnbesiedelter Gebiete. Vortr. 893. Fachber. 18.
Boening, F., Anforderungen an die Schutzeinrichtungen beim Zusammenschalten von Hochspannungsnetzen. Vortr. 894. Fachber. 35.
Bonnemort, M., Die elektr. Heizung von Formpressen. 839. 871.
Borel, J., Tränken von Ölkabeln nach der Verlegung. 1003.
Borgquist, W., Der künftige Strombedarf Schwedens. 1066.
Born, F., Einführung zur Fachgruppe Lichttechnik. 897. Fachber. 114.
Borries, v., Betriebserfahrungen mit Kathodenfallableitern. 822. Vortr. 1015.
Bosch, M., Die Steuerumrichter-Versuchsanlage im Saalachkraftwerk der Reichsbahn. 869.
Bötzkes, M., Ein neues elektr. betriebenes Sprudelbad. 872.
Bowle, A. J., u. C. P. Garman, 287 kV-Trennschalter für die Boulder-Damm-Leitung. 1208.
Brandt, W., Elektr. Weiche. 1188.
Braunbeck, W., Die elektr. Leitfähigkeit komprimierter Metalldämpfe. 1095.
Bruckman, H. W. L., u. W. J. Reichert, Thermostatische Verlustmessung, insbesondere an Starkstromkondensatoren. Brf. 1071.
Brückmann s. Vilbig.
Buchholz, H., Die flüchtigen Induktionsspannungen in einer beliebig verlaufenden geerdeten Einfachleitung. 1432.
Buchwald s. König.
Bungardt, W., s. Bollenrath, F.
Burger, O. (Rezens.), Ch. Lavanchy, Méthode Générale de Calcul des Réseaux Electriques Maillés en Rég. Equilibrés et Déséquilibrés. 1048.
Burgers, W. G., Praktische Anwendungen der röntgenographischen Materialuntersuchung. 1356.
Bürklin, A., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
— A., Bau von Starkstrom-Freileitungen. *1381.

Camenzind, E., Bewehrte Betonmaste. 1059.
Calliess, H., Freileitungsbetrieb. *1372.
Calvert, J. F., u. F. D. Fielder, Einschaltüberspannungen in elektr. Maschinen. 1182.
— N. G., Ein Verstärker für piezoelektr. Druckmessungen. 1265.
Carr, L. H. A., Fortschritte im Bau von Drehstrommotoren. 1209.
Carroll, J. S., u. J. Koontz jr., Untersuchung von Schwingungen an Leitungsseilen mittels elektromagnetischer Erregung. 1181.
Cartwright, C. H., Anomale elektr. Leitfähigkeit in pulverförmigem Tellur. 1244.
Casson, W., u. A. H. Gray, Messung großer Energien für Verrechnungszwecke. 1209.
Clemens, O., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Conrad, F., Entstörung einer Hochspannungsleitung im Bereich von Ortschaften. *997.
Conradi, E., Untersuchung über den Durchschlag und die Vorgänge bei elektr. Beanspruchung in Isolierölen verschiedener Festigkeit. 1520.
Crämer, R., Fahrbare Stoßanlagen. *1227.
Craton, F. H., Dieselelektr. Lokomotive mit 2030 PS-Dieselmotor. 1430.
Curtis s. Green.

Dahl, K., u. J. Kern, Ein schreibendes Meßgerät zur Messung der Querschnittsschwankungen feiner Drähte. *1423.
Dällenbach, W., u. E. Gerecke, Großgleichrichter ohne Vakuumpumpe. Vortr. *937.
Dänzer, H., s. Hasselbeck, W.
Daubenspeck, O., Experimentelle Untersuchungen der Koronaentladung in Luft, Wasserstoff und Kohlensäure. 1356.
Dauvillier, M. A., Luftelektr. Untersuchungen während des Polarjahres. 1120.
Davies, D. R., u. C. H. Flurscheim, Die Entwicklung der Ölschalter mit Einfachunterbrechung für gekapselte Schaltanlagen. 1427.
Davis, C. W., u. M. Hartenheim, Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Koerzitivkraft. 1352.
Deißler, O., Eine neue Bremseinrichtung für Drehstrommotoren. Vortr. 1496.
Denk, F., Die Auswahl von Niederspannungs-Schaltgeräten für Industrieanlagen. Vortr. *1215.
— F., Bemessung neuzeitlicher Niederspannungs-Schaltgeräte auf Grund der Kurzschlußverhältnisse in Industrieanlagen. Vortr. *1271.
Dennhardt, A., Über Maßnahmen zur Minderung der hochfrequenten Störfähigkeit von Isolatoren. Vortr. 900. Fachber. 182.
Dettmar, G., Die Elektrowärmetechnik in den letzten 25 Jahren. *1131.
Dießelhorst, H. (Rezens.), H. Dänzer, Grundlagen der Quantenmechanik. 1224.
Dinglinger, E., Hartmetallwerkzeuge für die Bearbeitung von Steingut, Porzellan und Glas. 1120.
Dittrich, F., Die elektr. Großküche für das Krankenhaus in Asch. 808.
— F., Gütegrad für elektr. Bratröhren. Brf. 1016.
Divoire, E., Die Präzisionsfrequenzmessungen der internationalen Kontrollstelle in Brüssel. 818.
Drewell, P., Wirkungsweise der gittergesteuerten Gasentladungsröhre bei ihrer Anwendung als Schwingungserzeuger. 1458.
Dubusc, M. R., Ein neues Distanzrelais. 1484.
Dunton, A. R., Neue Isolierstoffe in England. 841.
Dusold, Th. (Rezens.), Th. Pöschl, Elementare Festigkeitslehre. 1277.

Eberle, O., Quecksilberschaltgeräte zur elektr. Temperaturregelung. 1179.
Edler, R., Dauerstromstärke in frei gespannten Widerstandsdrähten (WM 50). 928.
— R. (Rezens.), Die Technik selbsttätiger Steuerungen und Anlagen. 1334.
Eggers, H. R., Meßgerät mit T-Spulsystem. 1484.
Elbel, K. (Rezens.), Berufsbilder für Facharbeiterberufe in der Industrie. 1256.
Elder, F. R., s. Bedford, B. D.
Elenbaas, W., Zur Frage der Berechtigung des Minimumprinzips in der Theorie der Bogenentladung. Brf. 1497.
Ellrich, W., Organisationsfragen im Kraftwerksbetrieb. 950.
Elsner, R., Erzeugung normgerechter Spannungsstöße bei Stoßanlagen für sehr hohe Spannungen. Vortr. 899. Fachber. 159.
— R., Neuere Untersuchungen zur Frage der Stoßbeanspruchung von Transformatoren. 925.
— R., Die Berechnung der Zündschwingung eines vielstufigen Marxschen Stoßgenerators. 1064.
Emde, F., Zur Zahlenrechnung bei vollständigen elliptischen Integralen. 930.
Engström, A., Zahnradgetriebe für Wassergeneratoren. 1350.
Estorff, W., s. Krohne, E.
Ettinger, A., s. Baumann, K.
Ewest, H., Quecksilberhochdruckröhren. Vortr. 897. Fachber. 115.

Feistner, P., Messungen von Schwingungen an Freileitungen. 835.
Ferrand, L., Geschlossene Aluminiumbäder. 868.
Ferrari, F., Über Anwendungen des Festmengen-Meßprinzips in Meß-, Zähl-, Schalt- und Regelgeräten. *919.
Ferris, Der Eingangswiderstand von Elektronenröhren bei sehr hohen Frequenzen. 928.
Fielder, F. D., Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Überschlagspannung von Hochspannungsisolatoren. Von W. Weicker. 1434.
Fischer, Elektrolytische Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen. 950.
— E., Wilhelm Rihl. 1223.
— J. (Rezens.), F. Trendelenburg, Klänge und Geräusche. 879.
— W., Einige Grundfragen des Elektroofenbaues. Vortr. *1139. B. 1368.
Flaam, C., Wanderwellen an unsymmetrischen Leitungen. 1355.
Fleischmann, Neues Verfahren für die Berechnung von Stromverzweigungen. Vortr. 1125.
Flowers, J. W., Einleitung von elektr. Entladungen durch Feldemission. 1211.
Flurscheim, C. H., s. Davies, D. R.
Foglia, J., s. Robert, M.
Forsythe, W. E., Der gegenwärtige Stand der Photometrie. 1320.
Frank, O. (Rezens.), A. Predeek, Die Dokumentationsstelle für das technische Schrifttum in der Bibliothek des Technischen Hochschule zu Berlin. 959.
Franken, H., Prüfung und Genauigkeit thermischer Auslöser (Motorschutzauslöser). Brf. 854.
— Festigkeit und Verschleiß im Niederspannungs-Schaltgerätebau. Vortr. 1496.
Fransén, H., Hilfsnomogramme zur genauen Berechnung der Spannungsregelung und der Verluste in langen Fernleitungen. *1503.
Franz, E., s. Trendelenburg, F.
Freedman, P., u. D. Kristin, Niederspannungs-Leuchtröhren. 818.

Digitized by Google

Freiberger, H., Ölarme Leistungsschalter und deren Einbau in Schaltanlagen. Vortr. 899. Fachber. 148.
Frey, A. R., Periodische Lichtemission einer mit Hochfrequenz betriebenen Entladungsröhre. 1244.
Friedrich, R., Neuzeitlicher Blitzschutz. Vortr. 1015.
Friesel, H., Fortschritte in der Entwickl. der elektr. Entstaubungsanlagen. 950.
Fritsch, V., Einige Grundzüge der Funkgeologie. *857.
— V., Beitrag zur Anwendung der Funkmutung nach dem Absorptionsverfahren. *1204.
— V., Schiffsfunkversuche auf der Donau. 1269.
Fromy, E., Das Leitkabelverfahren. 1353.
Frühauf, G., Nullpunktüberspannungen an Transformatoren und ihre Bekämpfung. Vortr. 899. Fachber. 156.

Gane, E., Elektr. Öfen für die Wärmebehandlung von großen Maschinenstücken. 1353.
Garman, C. P., s. Bowle, A. J.
Gastel, A. v., Erdungs- und Erdschlußprobleme in Hochspannungsnetzen. 1181.
Gates, B. G., Erdpunktverlagerung in Verteilungsnetzen. 925.
Gebhardt, K., s. Harnisch, K.
Geffcken, H., Strom- und Spannungsmessung mit Ventilgleichrichtern. 1515.
Gehrts, E. (Rezens.), F. Borgtold, Röhrenbuch für Rundfunk- und Verstärkertechnik. 1523.
Geise, F., Einrelaisschaltungen des Impedanzschutzes und Schnellschaltmöglichkeit. Vortr. 894. Fachber. 47.
Geißler, G., Die Beschaffenheit des Öles für Durchschlagprüfungen von Isolatoren. 949.
Gerecke, E., s. Dällenbach, W.
Gerhard, L., Schutzwert von Drosselspulen vor Transformatoren. *1262. 1523.
Geyger, W., Neue elektr. Übertragungs- und Zähleinrichtung für Durchflußmesser. 838.
— W., Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung; Schleifdrahtverfahren. 871.
— W., Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung; Strommesserverfahren. 1117.
— W., Prüfung von Meßwandlern. 1240.
— W., Wechselstrom-Kompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung durch Doppelspul-Dynamometer. 1265.
— W., Ein neuer Präzisions-Frequenzschreiber. *1337.
— W., Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücke mit selbsttätiger Abgleichung. 1428.
— W., Zeiger-Frequenzmesser, Kompensations-Frequenzschreiber mit Nullmotor. 1454.
— W., Wechselstrom-Meßbrücken mit Fremdabgleichung. 1515.
Gilbert, R. W., Kompensations-Meßverstärker mit Photozellen. 1486.
Ginger, J. E. E., s. Grosse, V.
Gladenbeck, F., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Glaßer, H., s. Gröbl, J.
Göhre, E. (Rezens.), K. Becker, Hartmetallwerkzeuge. 1524.
Gönningen, H., Thermostatische Verlustmessung, insbesondere an Starkstromkondensatoren. Brf. 1072.
Goodwin, W. N., Der kompensierte Thermostrommesser. 1185.
Görlich, P., u. H. Sauer, Über neue lichtelektr. Zellen mit durchsichtigen Kathoden. 1474.
Graf, A., Die Entwicklung der Kranmotoren. *983. *1038.
— H., Die Ausstellung zur Tagung der Deutschen Röntgen-Gesellschaft, Wiesbaden 1936. *805.
— H. (Rezens.), L. G. H. Sarsfield, Electrical Engineering in Radiology. 1334. 1524.
Gray, A. H., s. Casson, W.
Green, Leibe, Curtis, Bemessung geschirmter Hochfrequenzkabel für möglichst geringe Dämpfung. 1243.
Greenwell, B. E., Ein Kabelpflug. 1453.
Grenier, P., Blitze und Blitzableiter. 1267.
Gröbl, J., u. H. Glaßer, Entwicklung der Seilbauarten und ihre Bewährung im Freileitungsbau. *1388.
Grönkvist, E., Meßgerät zum Auswuchten von Maschinen in ihren eigenen Lagern. 870.
Grosse, V., u. J. E. E. Ginger, Selbsttätiges Parallelschalten durch Stromrichter beim Synchronisieren. 1002.
Grosser, E. H., s. Halperin, H.
Grünewald, H., Gewittermessungen an Hochspannungsleitungen in der Schweiz. 1029. B. 1500.
— H., u. H. Zaduk, Zur Frage der Erdung von Freileitungsmasten im Hinblick auf Gewittereinwirkungen. *1079. *1108.
— H., Netznachbildungen zur versuchsmäßigen Lösung schwieriger Netzberechnungsaufgaben. *1327.
— H., Erdseile bei Freileitungen und ihre Erdung. *1373.
Gundlach, F. W., Zur Frequenzabhängigkeit von Sperrschicht-Photozellen. 1432.

Haager, K. H., Die Wirtschaftlichkeit der Stromrichter. 953.
Haase, Th., s. Klumb, H.
Hache, A., Die Härte der Überzugsschichten bei der anodischen Oxydation. 1245.
Hahn, O. H., Die Personen-Drahtseilbahn am Tafelberge bei Kapstadt. 980.
Hak, J., Relaxationsschwingungen im Dauerzustand. 812.
— J., Empirische Formeln zur Berechnung der Induktivität von eisenlosen Zylinderspulen. 812.
— J., Zur Praxis der symbolischen Methode zur Lösung von Ausgleichvorgängen. 1432.
— J., Zylinderspulen mit ungleichmäßiger Windungsdichte zur Erzeugung von homogenen Feldern. 1518.
Halperin, H., u. E. H. Grosser, Einfluß der Einbauart von Überspannungsableitern auf die Betriebsergebnisse in einem 4 kV-Netz. 925.
Hameister, G., Der Anstieg der wiederkehrenden Spannung nach Kurzschlußabschaltungen im Netz. *1025. *1052.
Hanbury Brown, R., s. Tyler, V. J.
Hänsler, J., s. Bergmann, L.
Happer, A. E., s. Bailey, A.
Harm, W., Die Schwingungsmeßeinrichtung der Lokomotiv-Versuchsabteilung Grunewald. 811.
Harnisch, K., u. K. Gebhardt, Tonabnehmer und Lautsprecher nach VDE-Bestimmungen. *1421.
Hartenheim, M., s. Davis, C. W.
Hasse, H., Das Jungingenieurtreffen 1936 in München. *901.
— H. (Rezens.). Annuaire 1935. 1104.
Hasselbeck, W., u. H. Dänzer, Einfaches Verfahren zur Erzeugung hoher Wechselspannungen. 1213.
Hauffe, F. (Rezens.), W. Holzer, Kathodenstrahl-Oszillograph in Biologie und Medizin. 1200.
— G., Zur Frequenzabhängigkeit von Drehfeldscheidern. 1516.
Hauke, H., Röhrenregler für Zähler-Eichstationen. Vortr. *873.
Headrick s. Orth.
Heidenreich, F., Der augenblickliche Stand des Fernsehens. 851.
Heimann, W., Anwendungen der Elektronenoptik in der Fernsehtechnik. Vortr. 900. Fachber. 185.
Heine, K., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
— K., s. Backhaus, K.
Heinzelmann, O., Elektrolytzähler mit fortlaufender Registrierung. Vortr. 894. Fachber. 58.
Heitmeier, A., Entsprechen die DIN VDE-Normen für hochlegierte Eisenbleche dem heutigen Stand des Transformatorenbaues? Vortr. 896. Fachber. 100.
Heller, G., Vergleich zwischen den Entladungsformen in Natrium- und Quecksilberdampflampen. 1352.
— G., Die Photometrie von Metalldampflampen. 1429.
Hemprich, A., Die Fang-Steckdose. 1186.
Hermann, P. K., Über die Entionisierung und Wiederzündung gittergesteuerter Gasentladungsgefäße. 1427.
Hesse, E., Die Turmförderanlage der Zeche Hannibal in Bochum. *967.
— E., Die Schaltanlagen, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. *1017.
— E., Die Signaleinrichtung und Seilfahrtschaltung der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum. *1055.
Hessenbruch, W., Auswahl der Werkstoffe für elektr. Wärmeerzeugung. Vortr. 1134.
Heß, H., Stromverdrängungsmotoren mit Ein- und Mehrnutläufern. Eindringtiefe. 835.
Heys, J. W. v., Zur Frage der Windkraftwerke. Vortr. 1237.
Hiebsch, W., Kräfte, Empfindlichkeit und Wirkungsgrad eines hochempfindlichen dynamischen Relais. *915.
Higgins, R., u. H. L. Rorden, Gesteuerte Schutzfunkenstrecken. 1513.
Higgs, P. J., Untersuchungen an thermischen Spannungsgleichhaltern. 1211.
Hiltenkamp, H., s. Schottky, H.
Hippel, A. v., Dendritenwachstum und Durchschlag in den Alkalihalogenidkristallen. 1243.
Hoadley, E. E., Speicherfahrzeuge. 1062.
Hoffmann, R., Ein neuer Schweißgleichrichter. 1453.
Hohle, W., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Hommel, G., Wechselstromleistungen in symbolischer Darstellung. 929.
Hooker, D. R., s. Kouwenhoven, W. B.
Hoover, W. G., Felder und Ladungen um einen Hochspannungsleiter. 1190.

Digitized by Google

Höpfner, K. (Rezens.), E. A. Guillemin, Communication Networks. 878.
Hoppe, W. (Rezens.), D. J. Bolton, Electrical Engineering Economics. 1255.
Hörmann, H., Temperaturverteilung und Elektronendichte in frei brennenden Lichtbogen. 1212.
Hough, E. L., Selbsttätige Kochregelung. 839.
Howald, M., 25 Jahre „Ausschuß für Elektrowärmegeräte". *1129.
— W., Ölschalterexplosion im Elektrizitätswerk Winterthur. 978.
Hughes, L. E. C., Wege zu einem Fernsehbetrieb in England. 928.
Hunter, E. M., Versuche über den Gewitterschutz von Wechselstrommaschinen. 835.
Hueter, E., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.

Jacobi, W., Kurzzeitschalter mit gesteuerten Stromrichtergefäßen. Vortr. 898. Fachber. 130.
— W., Spannungsmessungen mit Kugelfunkenstrecken bei einpoliger Erdung. 1091.
Jähne, Aufgaben des Ingenieurs in der chemischen Industrie. Vortr. 950.
Jaekel, W., Die Fernmeldeanlagen auf dem Reichssportfeld. *909.
Jakubowski, J. L., Eine Abänderung des von H. König ausgearbeiteten Hochspannungs-Meßverfahrens. 810.
— J. L., Das Gleichrichterverfahren der Hochspannungsmessung mit Glimmlichtgleichrichtern. 1091.
James, W. G., u. F. J. Vogel, Spartransformatoren für 287,5 kV. 1323.
Janet, A., Die Entwicklung der Verkehrssignalanlagen in Paris. 1268.
Jansen, B., Einführung zur Fachgruppe Schaltgeräte. 898. Fachber. 137.
Janzen, S., Prüffeldeinrichtungen zum Abgleich von Rundfunkgeräten bei Massenherstellung. *1451.
Jenny, A., Wirksamer Korrosionsschutz durch Eloxalschichten auf kupferhaltigen Aluminiumlegierungen. 872.
Jordan, H., Anwendung der Methode der symmetrischen Komponenten auf unsymmetrische Ständerschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren. 1512.
Josse u. Laborde, 220 kV-Kabel in Paris. 1238.
— Feuerschutz in Kraft- und Abspannwerken. 1514.
Jung, H., E. R. Ritter†. 992.
Jungblut, F., Der Einphasen-Repulsionsmotor im Hafenumschlagsbetrieb. 895. Fachber. 67.

Kaden, H., Die Dämpfung und Laufzeit von Breitbandkabeln. 1517.
Kafka, H., Die Ermittlung von orthogonalen Kreisscharennetzen für die Darstellung vektorieller Zusammenhänge. 1519.
— W., Wechselbeziehungen zwischen Gleichrichter und Ladetechnik. Vortr. 897. Fachber. 106.
Kahle, K. (Rezens.), Th. v. Boehmer, Der Schutzbereich des deutschen Reichs-Patentes. 1128.
— K. (Rezens.), G. Wilke, Gewerblicher Rechtsschutz. 1335.
Kaiser, F., s. Osterburg, P.
Kalpers, H. (Rezens.), B. Osann, Moderne Stahlgießerei. 879.
Kämmerer, E., Planung guter Beleuchtung für Büro und Werkstatt. *1469.
Kasperowski, O., Betriebs- und Meßergebnisse der Steuerumrichter-Versuchsanlage. 870.
— O., Einführung zur Fachgruppe Stromrichter. 897. Fachber. 103.
Katzenberger, B., Entwicklung der Maste und Mastbilder vom elektr. Standpunkt aus. *1377.
Kaufmann, s. Perkins.
— W., Der Einfluß der Unsymmetrie des Stromes auf den Abschaltvorgang bei Hochleistungsschaltern. Vortr. 899. Fachber. 153.
Kautter, W., Theorie der unerwünschten Schwingungen in rückgekoppelten Audionschaltungen mit Gitterkreisanzapfung. 1269.
Keinath, G., Kapazitäts- und Verlustmessungen an Kleinkondensatoren. 1454.
Keller, A., Neue Strom- und Spannungswandler-Prüfeinrichtung und ihre Verwendung als Bürdenmesser. Vortr. 894. Fachber. 55.
— G., Der Verzerrungsmesser, ein vielseitiges Meßgerät für die Telegraphie. Vortr. 900. Fachber. 173.
— W., Tragbare Bildsender. *905. B. 1048.
Kent, H. E., s. Barstow, J. M.
Kern, J., s. Dahl, K.
Kesselring, F., Nicht brennbares Öl oder Wasser als Schaltflüssigkeit? Vortr. 898. Fachber. 145.
— F., u. F. Koppelmann. Zur Frage der Berechtigung des Minimumprinzips in der Theorie der Bogenentladung. Brf. 1498.
Kibblewhite, C., Prüfungen mit hochgespanntem Gleichstrom in Kabelnetzen. 1355.
Kindler, H., u. A. Thoma, Über magn. Nachwirkung. 1213.
Kircher, W., Prüfung von Werkstoffen durch farbiges Licht. Vortr. 898. Fachber. 118.
— W., Lesebandbeleuchtung im Bergbau mit Quecksilberdampflampen. 1034.
Kleinow, W., 1′$D_0$1′-Reichsbahn-Schnellzuglokomotive Reihe E 18. 1232.
Kloß, M., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Klostermann, F., s. Krohne, E.
Klumb, H., u. R. Odenwald, Über Untersuchungen an einer neuartigen Starklichtlampe. *924.
— H., u. Th. Haase, Messung niedriger Gasdrücke. 1094.
— Neuzeitliche Hochvakuumpumpen. *1445.
Kluge, W., Entwicklungsstand und Bewährung von Hochspannungs-Glühkathodenröhren mit Quecksilberdampffüllung. Vortr. 897. Fachber. 104.
Klutke, O. (Rezens.), W. Moede, Arbeitstechnik. 855.
Kneller, Ch., Über die Läuferisolation von Turbogeneratoren. Vortr. 896. Fachber. 94.
Knoll, M. (Rezens.), J. T. MacGregor-Morris u. J. A. Henley, Cathode ray oscillography. Herausg. v. H. P. Young. 1277.
Knoops, Fr., Elektrowärme in der Schwerindustrie. *1145.
Knowlton, A. D., G. A. Locke u. F. J. Singer, Vermittlungsschränke und Zeichengebung des Fernschreiber-Vermittlungssystems. 1518.
Kögler, K. W., Fehlwinkelmessungen an Widerständen mit Nieder- und Tonfrequenz. 838.
Kohler, K., Nomogramme für die wichtigsten Hilfsbeziehungen der Durchhangsberechnung von Freileitungen. *1111.
— K., Der Einfluß ungleicher Spannweiten auf Zugspannung und Durchhang von Freileitungen mit Stützisolatoren. 1265.
— K., Jährliche Ausfallmenge eines Bestandes an Holzmasten. 1265.
Köhler, A., Die Stoßdurchschlagspannung und der Stoßdurchschlag im homogenen Felde bei niederen Drucken (100 bis 760 Torr). 1214.
— J. W. L., Lichttelephonie. 1354.
Kolb, A., Einführung zur Fachgruppe Bau und Betrieb von Netzen. 893. Fachber. 17.
König u. Buchwald, Thingstättenbeleuchtung. 1092.
Konowaloff, W. N., Russische Oberleitungsomnibusse. 979.
Koos, A., Nutenquerfeld und Stromverdrängung während der Stromwendung bei Gleichstrommaschinen. 1183.
Koppelmann, F., s. Kesselring, F.
Koeppen, H., Elektrische und Flüssigkeitgetriebe für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Vortr. 896. Fachber. 80.
Körfer, C., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Kother, H., Fahrzeitgewinn bei elektr. Zugbetrieb. *1313.
Kouwenhoven, W. B., D. R. Hooker u. E. L. Lotz, Einfluß der Frequenz bei elektr. Schlägen. 1357.
Kraft, G., Spannungs-, Frequenz- und Leistungsregelung in größeren Elektrowirtschaftsgebieten. Vortr. 898. Fachber. 124.
Krämer, Ch., Einführung zur Fachgruppe Steuerung und Regelung. Fachber. 124.
— W., Ein neuer selbsttätiger Antrieb für Regeltransformatoren. 898. Fachber. 128.
Krannich, W., s. Boekels, H.
Krawinkel, G., Die 13. Große Deutsche Rundfunkausstellung, Berlin 1936. *1169.
Krefft, H., Über Fortschritte auf dem Gebiet der Quecksilberdampflampe. Vortr. 1442.
Kristin, D., s. Freedman, P.
Krohne, E., F. Klostermann u. W. Estorff, Leistungstrennschalter. *961. Bespr. 989.
— K. (Rezens.), F. Bode, Lehrbuch zur Vorbereitung für die Ablegung der Gesellen- und Meisterprüfung im Elektro-Installateur-Handwerk. 1335.
Kroker, G., Isolationsfragen im Elektromaschinenbau. Vortr. 897. Fachber. 97.
Kromer, C. Th., Die Zusammenarbeit von öffentl. Elektrizitätswerken und Industriekraftwerken. Vortr. 893. Fachber. 13.
— C. Th., Stromversorgung der Industrie durch öffentl. Elektrizitätswerke und Eigenanlagen. Vortr. 950.
Krug, W., Die magnetische Leitfähigkeit als spezifische und relative Größe. 1519.
Krüger, A. (Rezens.), Mayer-Sidd u. Fr. Hutterer, Merkbuch für Fehler bei der Metallbearbeitung. 1127.
— A. (Rezens.), F. Spitzer, Rezepte für die Werkstatt. 1128.

Digitized by Google

Krüger, F., u. Ch. Zimmermann, Minimalspannung für Ozonbildung durch Elektronenstoß. 1244.
— K., u. W. Willms, Versuche zur Verbesserung von Telephonieanlagen für geräuscherfüllte Räume. 1062.
Kühn, E., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
— K., Die Entwicklung der elektr. Energie-Fernübertragung. *1369. B. 1468.
Küpfmüller, K., Einführung zur Fachgruppe Fernmeldetechnik. 899. Fachber. 166.
— K. (Rezens.), M. Langer, Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik. 1311.
Kurokawa, K., u. S. Tanaka, Kathodenoszillograph zur gleichzeitigen Aufnahme zweier (periodischer oder einmaliger) Vorgänge. 1241.
Kurth, H., Fortschritte im Bau von Dampfturbinen hoher Drücke und hoher Temperaturen. Vortr. 893. Fachber. 10.

Laborde s. Josse.
Lauster, F., Technische Anwendungsgebiete der Ultraviolett-Strahlung. Vortr. 898. Fachber. 121.
Leeds, W. M., s. Wilcox, H. M.
Leibe s. Green.
Leithäuser, G., u. W. Menzel, Über die Zusammenhänge der atmosphärischen Störungen mit den Schichten der Ionosphäre und deren Bedeutung für die Wetterkunde. Vortr. 900. Fachber. 179.
Lenz, F., Die Stromversorgung des Straßenbahnnetzes der Stadt Frankfurt a. M. *1175.
Leonhard, A., Asynchroner und synchroner Betrieb der allgemeinen, doppelt gespeisten Drehstrommaschine. 1210.
Leonpacher, J. (Rezens.), E. Konrad, Die kommunale und genossenschaftliche Elektrizitätsversorgung im rechtsrheinischen Bayern. 1312.
Lessel, W., s. Natting, A.
Leukert, W., s. Baudisch, K.
Liempt, v., u. de Vriend, Das Flimmern von Glühlampen bei Wechselstrom. 1211.
— J. A. M. v., u. J. A. de Vriend, Die Schmelzzeit von Schmelzsicherungen. 970.
Lingenfelser, H., u. M. Reger, Natriumdampflampen in neuer Form. *1347.
Linke, F., Elektrowärmegeräte für die elektr. Küche, insbesondere die Großküche. *1158.
Lisunoff, Über die Ursachen der elektr. Aufladung von Turbinenläufern mittels Dampf. 1244.
Locke, G. A., s. Knowlton, A. D.
Lossagk, H., Beleuchtung und Unfallgefahr. 1060.
Lotz, E. L., s. Kouwenhoven, W. B.
Lubberger, F. (Rezens.), E. S. Pearson, The application of statistical methods to industrial standardisation and quality control. 1279.
Lübcke, E., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
— E. (Rezens.), H. Frei, Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen. 855.
— E. (Rezens.), H. Wigge, Lärm. 1048.
— E., Geräuscherscheinungen bei elektr. Energieumsetzung. 1239.
— E. (Rezens.), O. Vierling, Das elektroakustische Klavier. 1468.
Lübcke, E., 12. Physiker- und Mathematikertag, Bad Salzbrunn, 13. bis 19. Sept. 1936. *1479.
Lucas, G., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Lueg, W., Messung der Walzarbeit mit einer Kohle-Druckmeßdose. 1242.
Lunn, A. L., Die Eisengleichrichter-Anlagen der Untergrundbahn in London. 979.
Lüschen, F. G., Die nichtlineare Verzerrung in langen Fernsprechkabeln und ihr Einfluß auf die Verständlichkeit der Sprache. 840.
Lüthje, Neuzeitliche Trocknungsverfahren. 950.

Mäder, Photoelektr. Schnellzähleinrichtungen. 1307.
Mangoldt, W. v., Techn. Umgestaltung kleiner Werke bei Anschluß an Verbundbetriebe. Vortr. 893. Fachber. 22.
Maring, B. (Rezens.), Die Elektrizitätswirtschaft im Deutschen Reich. 936.
Marzahl, H., Der Einfluß des cos φ bei Belastungsänderungen auf die Gestehungskosten der elektr. Arbeit. *951. *1007.
Masukowitz, Der heutige Stand der Elektrowärmeanwendung in der keramischen Industrie. 1033.
Matthias, A., Stoßkennlinien von Hochspannungsisolatoren. 809.
Mauck, P., Die elektr. Fernsteuerung der doppelstöckigen Stromlinienzüge der Lübeck—Büchener Eisenbahn. *1023.
Mayer, H. F., u. D. Thierbach, Nachrichtenübertragung auf Breitbandkabel. Vortr. 899. Fachber. 167.
Mayr, O., Neuere Entwicklungslinien im Bau ölloser Schalter. Vortr. 898. Fachber. 142.
Mc. Gee, P. A., s. Wright, C. J.
Mc. Pherson, W. L., u. E. H. Ullrich, Mikrowellenverkehr. 1487.
Megede, W. zur, Die Fernschaltanlage des EW Potsdam zum Schalten der Straßenbeleuchtung und von Verbrauchern. 1032.
Meiners, G., Einfacher Aufbau und einfache Leitungsführung in neuzeitlichen öllosen Hochspannungs-Schaltanlagen. *943.
Meißner, A., s. Batsch, H.
Melan, H., Die Anwendung des Gleitdruckbetriebes. Vortr. 893. Fachber. 3.
Melzer, M., Über die Regelung der Temperatur in elektr. Öfen. 927.
Menge, A., Einführung zur Fachgruppe Kraftwerke. 893. Fachber. 1.
Mengele, B., Ein neuer Abstimmungsmesser für Erdschlußspulen. 1323.
Menny, K., Die wirtschaftliche Bemessung städtischer Drehstrom-Niederspannungs-Maschennetze. 1193.
Menzel, W., s. Leithäuser, G.
Metzenauer & Jung, Prüfung und Genauigkeit thermischer Auslöser. Brf. 853.
Metzger, E., Dauerversuche mit verschraubten Aluminiumverbindungen. 1218.
— Fr., Entwicklung der Niederspannungsschaltgeräte für große Leistungen. Vortr. 898. Fachber. 137.
Mey, K., Neuere Lichtquellen. Vortr. 1479.
Meyer, G. W., Die Elektrizitätswirtschaft in der Tschechoslowakei. *1121.
— G. W., Gründung einer „Werbe- und Forschungsstelle auf dem Gebiete der Elektrowärme" in Nordböhmen. 1267.
— H.-O., Elektr. Messen und Regeln der Temperatur. *1417.
Meyer-Delius, H., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Meyercordt, F., s. Thum, A.
Michel, O., Einführung zur Fachgruppe Elektrische Bahnen. 895. Fachber. 75.
— O., Die neueste Entwicklung der elektr. Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der elektr. Fahrzeuge der Höllentalbahn. 1047. *1073. *1113.
Michenfelder, C. (Rezens.), M. Paetzold † u. F. Köhler, Grundlagen des Aufzugsbaues. 1312.
Mierdel, G., Über die Zündung von Quecksilberdampf-Lichtbögen durch Innenzünder (Ignitron). 1090.
Mohanti, H. B., s. Sen Gupta, M. M.
Monnier, A. M., u. J. Bazin, Schwingungserzeuger für rein sinusförmige Schwingungen in einem großen Frequenzbereich. 1308.
Morgan, Th. H., u. V. Siegfried, Messen der Zusatzverluste bei Induktionsmaschinen. 1117.
Morton s. Zworykin.
Mörs, W., Aufbau einer Zentral-Rundfunkanlage für Großbetriebe. *993.
Mörtzsch, F., Grundsätzliche Eigenheiten der Elektrowärme-Anwendungen in Industrie und Gewerbe. Vortr. *1097.
Mühlbrett, K. (Rezens.), F. Bergtold, Röhrenbuch für Rundfunk- und Verstärkertechnik. 878. B. 1104.
— K. (Rezens.), I. Herrmann, Funktechnik I. 1048.
— K. (Rezens.), A. Ehrismann, Transportable Rundfunkempfänger für Reise und Heim. 1104.
— K. (Rezens)., J. Kammerloher, Hochfrequenztechnik I. 1255.
— K. (Rezens.), P. Geuter, Der Rundfunkfachmann. 1276.
— K. (Rezens.), O. Kappelmayer, Fernsehen von heute. 1312.
— K. (Rezens.), H. Günther, Fernsehen in praktischen Versuchen. 1335.
— K. (Rezens.), F. Weichart, Die physikalischen Grundlagen der Rundfunktechnik. 1335.
— K. (Rezens.), R. Wigand u. K. W. Lucas, Bessere Antennen — besserer Empfang. 1468.
Müller, F. W., s. Boekels, H.
— G., Die Jungingenieurarbeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Ansprache auf dem Jungingenieurtreffen des VDE in München 1936. *903.
— H., Die 38. Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in München. 881.
— H. (Rezens.), G. u. F. Haberland, Mechanik. 1312.
— P., Neuartige Stufenschaltung für Anlaßtransformatoren. Vortr. 896. Fachber. 76.
— U., Die Abhängigkeit der Strahlungsverluste von Höchstspannungsleitern von der Luftdichte. *825.
Musil, Höchstdruck-Dampfspeicheranlage im Elektrizitätswerk Wien. 842.

Digitized by Google

Musil, Der neue Hochdruck-Dampfspeicher und seine Bedeutung für die Bereitschaftshaltung in der Elektrizitätsversorgung. Vortr. 893. Fachbericht 6.

Nägel, Der Kohlenstaubmotor. 950.
Natting, A., u. W. Lessel, Die Schlauchelektrode zur Lichtbogenschweißung von Kupfer. 1455.
Nederbragt, G. W., Unterdrückung der durch Ionisation bedingten Gasbildung von Isolierölen. 1458.
Nefzger, J., Zubehörteile für die Verlegung von Hochspannungs-Freileitungen an Stützen- und Hängeisolatoren. *1394.
Nentwig, K., Die Verwendung schwingfähiger Anordnungen für Alarmzwecke. *975.
Neumann, H., 25 Jahre Elbtunnel. 1036.
Nolen, H. G., Windungsisolation von Großtransformatoren für sehr hohe Spannungen. 836.

Odenwald, R., s. Kumb, H.
Ohnesorge, W., Grundlagen und Ziele elektrotechn. Arbeitens. *885.
Oertel, F., Einführung zur Fachgruppe Industrielle Anwendungen. 895. Fachber. 64. 74.
— F., Wege und Ziele der heutigen Elektroantriebstechnik. Vortr. *1413. *1448.
Orth, Richards u. Headrick, Zum Vorgang im Braunschen Rohr. 1119.
Osterburg, P., u. F. Kaiser, Kabelverlegung. *1410.
Otten, F., Das erste in Deutschland verlegte 125 kV-Kabel. 1321.
— F., K. Rottsieper u. W. Vogel, Starkstromkabel und Zubehör. *1403.

Palm, A., Elektrostatische Voltmeter mit Spannungsteilung. 839.
Paluev, K. K., Leistungstransformatoren mit konzentrischen Wicklungen. 1322.
Passavant, H., Über die Anwendung isolierender Baustoffe in elektr. Anlagen. *1509.
Perkins u. Kaufmann, Stoffe für den Leuchtschirm Braunscher Röhren. 1063.
Perlick, P., Reinaluminium- oder Stahl-Aluminium-Seile in Mittelspannungsnetzen? Vortr. 893. Fachber. 29.
— P., Ortsnetzbau. *1398.
Petersen, W., Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik. Vortr. *887.
Pfannenmüller, H., Aufnahme mehrerer Vorgänge mit dem Einfach-Oszillographen über Schnellschalter. 1516.
Pfestorf, G. (Rezens.), W. Skirl, Elektr. Messungen. 1199.
Pflier, P. M., Prüfgerät zur Erdung und Nullung. *1425.
Philippi, W., s. Teinert, Th.
Pierce, R. E., u. E. W. Bemis, Ein Übertragungssystem für den Fernschreibvermittlungsdienst. 1518.
Piesch, H., Theorie der Greinacher-Schaltung. 929.
Plato, G., s. Rothe, H.
Pohl, K. A., Die Elektrizitätsversorgung der UdSSR in den Jahren 1933 bis 1934. *843.
Potthoff, K., Koronaverluste bei Drehstrom. *154.
Prinz, H., Buchholz-Relais neuer Bauart. 1483.
Probst, H., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
— H., Schutz des Betriebspersonals in Hochspannungs-Schaltanlagen. *1233.
Przygode, A. (Rezens.), Stahl im Hochbau. 855.
— A. (Rezens.), DIN-Taschenbuch 10. 879.
— A., Technische Berichte. 1468.
Puppe, W., Elektrowärme im Druckbetrieb. *1155.

Rachel, A., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Ramo, S., s. Sorensen, R. W.
Rath, E., Über die genaue Messung der elektr. Leitfähigkeit und der Permeabilität von Eisendrähten. 1432.
Raettig, H., Die Wähltechnik bei der Deutschen Reichspost. Rückblick und Umschau. *1501.
Rauch, Elektr. Zugheizung. 1152.
Rautenkrantz, G. (Rezens.), Misure. 1277.
Ray, B. B., Messung der Oberflächentemperatur von Maschinen. 1240.
Reckenthäler, H., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Reger, M., s. Lingenfelser, H.
Reichelt, E., Kanadas Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1935. 1249.
— E., Die japanische Elektrizitätswirtschaft. *1360.
Reinarz, C., Beitrag zur Frage des Motorschutzes im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf. *1475.
Rengier, H., Kurzschlußschäden an Transformatoren. 1059.
Rice, Sendung und Empfang von Zentimeterwellen. 1457.
Richards s. Orth.
Rieck, J., Die Filter-Photozelle. 810.
Riehl, N., Technische Anwendung der Luminophore. Vortr. 1118.
Rier, W., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
— W., Mastbauarten und Gründungen. *1384.
Rimmark, L., Zweckmäßige Prüfverfahren für den Selektivschutz. Vortr. 894. Fachber. 44.
Rißmüller, K., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Rjosk, H., Das Fernamt Danzig. 1005.
Robert, M., u. J. Foglia, Direkt zeigender Selbstinduktionsmesser. 838.
Rogowski, W., Elektronenanlagerung und Ionenbildung bei Gasen. 1212.
Rorden, H. L., s. Higgins, R.
Rosskopf, Th., Die Bestimmung der Kupferverluste bei Transformatoren für Gleichrichterbetrieb. 1305.
Roth, H., Neue empfindliche Vibrationsgalvanometer. Vortr. 894. Fachbericht 53.
Rothe, H., u. G. Plato, Das Rauschen von Empfängerröhren im Gebiet von 150 kHz bis 15 MHz. 1431.
Rottsieper, K., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
— K., s. Otten, F.
Rousseau, L., Stoßunempfindliche Schaltschütze. 1323.
Rummel, Th., Wachstum und Aufbau elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxydschichten. 1245.
Rutgers, F. J., Die Untersuchung von Wechselstromschaltungen ohne komplexe Rechnung. 1428.
Salauze, J., Anwendungen der alkalischen Akkumulatoren 837.
Sand, W., Das Steuerprivileg der öffentlichen Hand in der Elektrizitätswirtschaft. 1249.
Sauer, H., s. Görlich, P.
Sauermann, K., Eine neue Gleichstrom-Leistungsmeßbrücke mit selbsttätigem Brückenabgleich. *1317.
Schaaf, A., s. Troeltsch, F.
Schäfer, O., Die gleichzeitige Darstellung von Strom- und Spannungskurven mit dem Braunschen Rohr bei 50 Hz. 1428.
Schanz, A., Einfache Messungen zur Ermittlung der Streublindwiderstände des Ständers von Kurzschlußläufermotoren. 836.
Schaubert, A. v., Prüfung von Hochspannungsnetzen durch Verlagern des Erdpunktes, insbesondere mit Rücksicht auf Gefahrenhäufung (Luftgefahr). Vortr. 893. Fachber. 26.
Schenkel, M., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Schiebeler, Neuerungen bei elektr. Ausrüstungen von Kranen, Aufzügen und stetigen Förderern. 877.
Schiemann, E., Die Entwicklung des Oberleitungsomnibusses. *1229.
Schiering, R., Die zeitliche Hysterese der Ladungen bei elektr. Gleitentladungen. 1214.
Schimpf, R., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Schindler, H., u. O. Schneider, Über störungsarmen Rundfunkempfang durch Gemeinschaftsantennen. *801. *829.
Schleicher, M., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Schliephake, A., Stromwender und Bürstenpflege. *1049.
— E., u. P. Wenk, Biologische und technisch-physikalische Grundlagen der Kurzwellentherapie. *863.
Schmer, K., u. W. Stäblein, Leistungsregelung bei Kupplung von Netzen verschiedener Stromart. *1286.
Schmidek, A. J., Grundlagen der Wechselrichtung. 1059.
Schmidt, E., Aufbau, Betrieb und Verwendungsbereiche der elektr. geheizten Industrieöfen. Vortr. *941.
— E., Aufbau, Betrieb und Verwendungsbereich von Elektrostahl- und Härteöfen. Vortr. 958.
Schmidt, R., Über einige Neuerungen auf dem Gebiete der elektr. Feinmessungen. Vortr. 894. Fachber. 52.
Schmieder, H. (Rezens.), R.-P. Chauvet, Montage des lignes électriques aériennes. 1277.
— K., Neue Verfahren zur Schlupfmessung. *1201.
Schmitz, Kurzschlußsichere Schaltanlagen unter Berücksichtigung der Hoch- und Niederspannungsanlagen. Vortr. 1103.
— T., Das Kreisdiagramm der elektr. Welle. *911.
Schmohl, E., Aus Betriebserfahrungen abgeleitete Verbesserungen am Buchholz-Schutz. 894. Fachber. 39.
Schmolz, A., Einführung zur Fachgruppe Relais und Schutzschaltungen. 894. Fachber. 35.
— A. (Rezens.), M. Schleicher, Die moderne Selektivschutztechnik und die Methoden zur Fehlerortung in Hochspannungsanlagen. 935.

Digitized by Google

Schnabel, W., Kaltkathodenstrahl-Lichtabtaster für Fernsehzwecke. 1063.

Schneider, F., Selektivschutz für Einphasen-Wechselstrombahnen. Vortr. 895. Fachber. 85.

— J., Das neue Zählereichwerk der Hamburgischen Elektrizitäts-Werke (HEW). *833.

— O., s. Schindler, H.

Schneider, W., Betriebserfahrungen mit dem Pfrombach-Umformer des Bayernwerkes. Vortr. 896. Fachber. 83.

Schöne, O. (Rezens.), F. Bošnjaković, Technische Thermodynamik. 879.

Schottky, H., u. H. Hiltenkamp, Mitwirkung des Luftstickstoffs beim Dauerbruch. 1245.

Schrank, W., Rundfunkstörschutz an elektr. Maschinen und Geräten. Vortrag. *815.

Schreiber, M., Amerikanisches Fahrzeug für zwei Antriebsarten. 948.

Schröter, F., Zur Physik des Schleifkontaktes. Die Stromwendung. 927.

Schuisky, W., Das Bremsmoment der Bremsschaltung von SSW. 1239.

Schüller, E., Das Magnetophon. Vortr. 900. Fachber. 175.

Schulze, E., Einführung zur Fachgruppe Messung. 894. Fachber. 51.

— E., Messungen an einem gittergesteuerten Sechsphasen-Gleichrichter. Vortr. 897. Fachber. 111.

— E., Die Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen. *1037.

— H., Die Wellenglättung schwachbelasteter Mittelspannungsnetze durch Phasenschieber-Kondensatoren. 1305.

Schwaiger, A., Einführung zur Fachgruppe Schaltvorgänge. 899. Fachber. 152.

— A., Zum Festmengentarif. *1489.

Schwarz, M., v., Laufeigenschaften von Aluminium-Lagermetallen (Quarzal). 1487.

Schwenk, O., Können die in Netzen auftretenden Eigenfrequenzen in Leistungsprüfanlagen erzielt werden? Vortr. 899. Fachber. 163.

Schwenkhagen, H., Wanderwellen auf Leitungsbündeln. 1433.

Seethaler, K. (Rezens.), J. Hartmann, The Plate-Jet. 1127.

Seidel, F., Luftschutzbeleuchtung. *1225.

Seiz, W., Starre und nachgiebige Netzkupplung. *1281.

Semm, A., Die Rundfunk-Kurzwellensendeanlage in Zeesen bei Königs-Wusterhausen. *907.

Sen Gupta, M. M., H. B. Mohanti u. S. Sharan, Der Wechselstromwiderstand von Nickel im longitudinalen Magnetfelde. 1034.

Sequenz, H., Verwendung von Entladungsgefäßen bei elektr. Maschinen. 1348.

Sharan, S., s. Sen Gupta, M. M.

Siegfried, V., s. Morgan, Th. H.

Siemens, A., Neuere Messungen an Glasstromrichtern. Vortr. 897. Fachber. 109.

Sihler, I., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.

Sims, L. G. A., Normung magnetischer Meßverfahren. 927.

Singer, F. J., s. Knowlton, A. D.

Slätis, H., Dispersion kurzer elektr. Wellen in festen Körpern. 1270.

Sommermeyer, K., s. Becken, O.

Sorensen, R. W., u. S. Ramo, Das funkenlose Kugelvoltmeter. 1242.

Soutworth, G. C., Mikrowellenkabel. 946.

Spenke, E., s. Bauer, R.

— E., Zur techn. Beherrschung des Wärmedurchschlages von Heißleitern. 1005.

— E., Eine anschauliche Deutung der Abzweigtemperatur scheibenförmiger Heißleiter. 1516.

Spies, H. (Rezens.), R. Mangold, Die elektrotechnische Industrie und der chinesische Markt. 959.

Stäblein, W., s. Schmer, K.

— W., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.

Steinwarz, H., Gutes Licht — Gute Arbeit. 871.

Stöhr, M., Besonderheiten bei der Regelung von Gleichstrommotoren durch Stromrichter. Vortr. 898. Fachber. 133.

Straimer, G., u. O. Zinke, Verlustzahl von Hochfrequenz-Isolierstoffen bei hohen Temperaturen. 1213.

Strigel, R., Vergleichende Untersuchungen über Gleich- und Wechselspannungskorona an Doppelleitungen. 977.

Stritzl, P. Frhr. v., Die Elektrizitätswirtschaft Indiens und der angrenzenden britischen Hoheitsgebiete. *1247.

Strübig, H., Das Potential eines im Hochvakuum isolierten Auffangschirmes bei Beschießung mit Elektronen. 1244.

Stuckhardt, W., Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb? 1066.

Surugue, J., Bau und Berechnung eines großen Dauermagneten. 982.

Sweet, A. I., Grundsätzliches über die Beleuchtung von Landstraßen. 1325.

Szpor, St., Eine Elektronenrohr-Kondensatorschaltung für Isolationsstaffelung. 1213.

Tanaka, S., s. Kurokawa, K.

Teinert, Th., u. W. Philippi, Einführung in die „Vorschriften für die Errichtung elektr. Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)". *1088.

Thierbach, D., s. Mayer, H. F.

Thilo, H. G., u. M. Bidlingmaier, Der Tonmesser, ein Spannungsspitzenmesser mit logarithmischer Anzeige. 1325.

Thoma, A., s. Kindler, H.

Thompson, E. C., Tränkung grüner Kiefernmaste auf einfach hergerichteten Plätzen. 841.

Thomson, H. M., s. Bailey, A.

Thum, A., u. F. Mayercordt, Werkstoffe für Elektrowärmegeräte. *1135.

Timascheff, A. v., Zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme in vorbelasteten einfach und mehrfach gespeisten Netzen. *1083.

Timerding, H. (Rezens.), R. Rothe und O. Degosang, Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. 1276.

Timmis, A. C., Das Weitfernsprechen in England. 1269.

Titze, H., Erdschluß- und Doppelerdschluß-Stromverteilung in elektr. Netzen und ihr Einfluß auf den Schutz. 1031.

Toepler, M., Zur Spannungsmessung mittels Grenzspannungen und Funkenspannungen. 1520.

Trautmann, B., Plattierte Bleche, ihre Verarbeitung und Verwendung. 1245.

Trendelenburg, F., u. E. Franz, Sprachuntersuchungen mit Siebketten und Oszillograph. 1324.

Trey, F., Über die Empfindlichkeit der Schlierenkammer. 1515.

Tröger, R., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.

Troeltsch, F., u. A. Schaaf, Das Kammermusikgerät. 1456.

Tyler, V. J., u. R. Hanbury Brown, Sichtbarmachung von Lichtverteilungskurven mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. 809.

Ullrich, E. H., s. Mc. Pherson, W. L.

Vieweg, R., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.

— Zur Physik der Kunst- und Preßstoffe. 950.

Vilbig u. Brückmann, Ein neues Verfahren zur Steuerung von Gleichwellensendern. 996.

Voege, W. (Rezens.), H. Geffcken u. H. Richter, Die Photozelle in der Technik. 935.

— W. (Rezens.), H. Thirring, Die Photoelemente und ihre Anwendung. 1523.

Vogel, F. J., s. James, W. G.

— W., s. Otten, F.

— W., Die Übertragungsleitungen elektr. Energie im Blickfeld der Rohstoff-Frage. 1496.

Vogler, H., Eichzwang in Deutschland. *1191.

Vriend, J. A. de, s. Liempt, J. A. M. van.

Wachsmann, F., Untersuchung der Reibungsverhältnisse in Elektrizitätszählern. 947.

Wagner, K., Die Bedeutung des Wasserkraftausbaues im Rahmen der deutschen Energiewirtschaft. *1459.

Walcher, Th., Elektrostatische Abschirmung von Wechselstrom-Meßbrücken für Tonfrequenz. 1352.

Wallot, J., Internationale und absolute elektr. Einheiten. *813.

— J., K. Scheel †. 1497.

Wallraff, A., Die Kennlinie der kurzdauernden stromstarken Lichtbogenentladung. 841.

Walter, B., Das Abspringen des Blitzes aus seiner ursprünglichen Bahnlinie. 872.

— M., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.

— M., Über die dynamische Kurzschlußfestigkeit von Stromwandlern. *1172.

— M., Stromwandler für Schaltanlagen. 1514.

Watanabe, Y., Ein neues Mehrfach-Telegraphiersystem. 1187.

Weber, I. G. C., Der Glimmverstärker und seine Verwendung zur Verstärkung von photoelektr. Strömen. 1210.

Wehnelt, A. (Rezens.), E. v. Angerer, Techn. Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen. 1224.

Weicker, W., Isolatoren für Freileitungen. *1391.

— W., s. Fielder, F. D.

Weinrath, H., Betriebserfahrungen mit einem Einphasen-16$^2/_3$ Hz-Elektrodendampfkessel für 1000 kW, 0,2 atü. *1261.

Digitized by Google

Weis, L., Prüfanlagen und -verfahren für Elektrowärmegeräte in der VDE-Prüfstelle. *1166.
Wenk, P., s. Schliephake, E.
Westerhoff, E., Bemerkenswertes aus dem Industrie-Schaltanlagenbau mit Druckgasschaltern. *1205. *1230.
Wigge, H., Einige Folgerungen aus dem Ableitungssatz von Helmholtz (Theorem von Thevenin). 1519.
Whipple, G. A., Ein Kathodenstrahl-Oszillograph für Innenaufnahme mit umlaufender Trommel. 1188.
White, H. J., Einfluß starker Bestrahlung auf den Zeitverzug im gleichförmigen Feld. 918.
Wiarda, E. v., Kabelbetrieb. *1401.
Wich, E., Die Anwendung einfacher Gleichungen zur streng richtigen Beschreibung der Wechselstromübertragung. 930.
Wichmann, W., Die math. Behandlung der Form der Belastungskurve im Zusammenhang mit der Verlustdauer der Stromwärmeverluste unter besonderer Berücksichtigung des cos φ. 1363.
Wieseler, W., Elektrolytische Korrosionen an elektr. Installationsanlagen durch Einzelelementbildung. *1345.
Wilcox, H. M., u. W. M. Leeds, Die Ölschalter für die Boulder-Damm-Leitung. 1351.
Wilczek, E., Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Ungarns in den Jahren 1929 bis 1933. 1065.
Willis, C. H., s. Bedford, B. D.
Willms, W., s. Krüger, K.
Winkelsträter, H., Kurzschlußkräfte und Fundamentbelastungen. Vortr. 896. Fachber. 90.
Winkler, H. (Rezens.), H. Gublar-Wehrli, Die Holdingkonzerne in der nordamerikanischen Elektrizitätswirtschaft. 1279.
— G. H. (Rezens.), 50 Jahre Bosch. 1127.
Winter, Neue Talsperren im Ostharz mit Wasserkraftnutzung. Vortr. 842.
Wirz, E., Transformatoren mit magnetischen Nebenschlüssen. 836.
Wolff, M., Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit. *757.
Wood, L. A. S., Beleuchtung von Fernverkehrsstraßen. 1266.
Wright, A. M., Die Wirtschaftlichkeit elektr. Zugförderung. 1363.
— C. J. u. P. A. Mc Gee, Antriebsleistungen für hohe Geschwindigkeiten. 1061.
Wüger, H., Elektrotechn. Aufzeichnungen von einer Studienreise nach dem Osten der V. S. Amerika. *1340.

Yonezawa, Y., Der gegenwärtige Stand der rundfunktechn. Einrichtungen in Japan. 804.

Zaduk, H., s. Grünewald, H.
Zdralek, O. (Rezens.), R. Malisius. Schrumpfung geschweißter Stumpfnähte. 1104.
— O., Die elektr. Schweißverfahren. *1148.
Zehme, E. C. (Rezens.), T. Dietze u. E. Born, Die Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn im Bild. Herausg. von H. Maey. 1276.
— E. C. (Rezens.), E. A. Dreyer u. W. Schnoor, Friedr. Vieweg & Sohn in 150 Jahren deutscher Geistesgeschichte. 1279.
Zenneck, J., Einführung zur Fachgruppe Hochfrequenztechnik. 900. Fachber. 178.
Zetzmann, H. J., Die Senderzentralen der Reichsflugsicherung. 1243.
— H. J. (Rezens.), W. Feilhauer, Die Fernmeldebetriebsordnung für die Verkehrsflugsicherung. 1255.
Zimmermann, Ch., s. Krüger, F.
— H. I., Leicht beförderbare Öl- und Isolationsprüfeinrichtung für 60 kV Betriebsspannung. 1035.
— W., Hochspannungs-Kabelfehlerstatistik. 1350.
Zinke, O., Ein Meßgerät zur direkten Messung der Güte- und Verlustzahl von Schwingkreisen. 1242.
— O., s. Straimer, G.
Zworykin u. Morton, Das Elektronenfernrohr. 1034.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 2. Juli 1936** **Heft 27**

Zur Tagung des VDE in München.

Reichsleiter K. Fiehler,
Oberbürgermeister der
Hauptstadt der Bewegung.

Seit der letzten in München abgehaltenen Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sind 14 Jahre verflossen, die, wie auf allen Gebieten, so auch in der Technik einen tiefgreifenden Wandel herbeiführten. Der Nationalsozialismus, der allen schöpferischen Kräften innerhalb der Nation den ihnen gebührenden Platz zugewiesen hat, sieht in der Technik ein wichtiges Werkzeug des Lebens, das — richtig angewandt – für die Nation und für die ganze Menschheit unendlich segensreich sein kann.

Auf dem Gebiet der Elektrotechnik ist München von jeher bahnbrechend gewesen. Es sei nur erinnert an die Internationale Elektrizitätsausstellung 1882, die hier — zum ersten Mal in dieser Art — abends bei elektrischem Licht eröffnet wurde und eine Fülle von Anregungen in die ganze Welt ausströmte. Als Hauptstadt der Bewegung und als Stadt der Deutschen Kunst wird München allen Teilnehmern Eindrücke vermitteln, die über den fachlichen Zweck der Mitgliederversammlung hinaus eine bleibende Erinnerung sein werden. Ich glaube daher, daß die schöne Isarstadt ein besonders geeigneter Tagungsort auch für den VDE ist, dessen Mitglieder und Gäste ich hier herzlich willkommen heiße!

Fiehler

Digitized by Google

Der VDE und die Elektrotechnik.

Von **Heinz Blendermann VDE**, Berlin.

Die Voraussetzungen für den Aufschwung von Industrie und Wirtschaft sind den politischen und wirtschaftlichen Maßnahmen des Dritten Reiches zu danken. Die Einführung der allgemeinen Wehrpflicht und die Wiederherstellung der Wehrhoheit sind hervorragende Marksteine auf diesem Wege und machen sich auch unmittelbar in dem Ansteigen des allgemeinen Beschäftigungsgrades deutlich bemerkbar. Große Ziele sind hierdurch der Elektrotechnik auf allen Teilen ihres weiten Arbeitsgebietes gestellt, deren Erreichung die systematische Zusammenarbeit aller erfordert. Hieraus erwachsen insbesondere dem VDE als dem führenden elektrotechnischen Verband zahlreiche und wichtige Aufgaben.

Die Elektrizität hat unter allen Energiearten eine einzigartige Sonderstellung. Sie bietet unmittelbar durch einfache Umwandlungsvorgänge alle für uns lebensnotwendigen Energieformen. Sie läßt sich ohne Umweg über eine Verbrennung in Licht und Wärme verwandeln. Sie ermöglicht in einfachster Art den Antrieb unserer Arbeitsmaschinen und Geräte bei größter Gleichmäßigkeit der Bewegungen und feinster Regelbarkeit. Sie überbrückt beliebige Entfernungen und ermöglicht den persönlichen Austausch durch Übermittlung von Sprache und Bild. Nur durch die Elektrotechnik war der Weg vom optischen, akustischen Telegraphen zum Fernsprecher und Fernsehen möglich.

In der ETZ spiegelt sich all die mühsame und fruchtbare Arbeit wider, die die Elektrotechniker im Dienst der Menschheit geleistet haben. Die alten Berichte der ETZ von der Münchener Ausstellung 1882 berichten stolz über die im gleichen Jahre durchgeführte Überbrückung von 300 km mit dem Fernsprecher, während es heute praktisch keine Entfernung auf der Erde gibt, die nicht durch Fernsprecher überbrückt werden kann. Schon allein hieraus läßt sich der große Fortschritt erkennen, den die Nachrichtenübermittlung dank der Arbeit der Elektrotechniker gemacht hat, und so gibt es heute wohl kein Gebiet des Lebens mehr, auf dem nicht die Elektrotechnik eine gewichtige Rolle spielt. Die Übersicht, die die ETZ auch in diesem Jahr wieder bietet, zeigt, daß die technischen Fortschritte angehalten haben, daß alles im Fluß bleibt und daß die Elektrotechnik immer weiter vordringt. Damit wachsen auch die Anforderungen an jeden einzelnen unter den Elektrotechnikern und an seinen Fachverein, den VDE.

Der Aufbauplan der Reichsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Arbeit (RTA) sieht bekanntlich sechs Fachgruppen als vertikale Säulen vor. Die Fachgruppen sind das Sammelbecken für die Fachvereine. Wenn Dr. Todt seinerzeit die Anordnung traf:

> *„Jeder Fachgenosse . . . . . wählt nach seinem Beruf seinen Fachverein“,*

so liegt darin eine ernste Mahnung. So wie es keinem Elektrotechniker einfallen würde zu glauben, als Elektrotechniker sei er nach seiner Vorbildung der richtige Mann, Brücken zu entwerfen oder Hüttenwerke zu bauen, so ist es, vom Standpunkt des Ganzen gesehen, ein Fehlgriff, nicht seinem ureignen Fachverein anzugehören.

Der VDE ist kein Verband im Sinne einer überlebten, eigennützigen Vereinsarbeit, sondern er will als Fachverein seinen Verpflichtungen dem Volksganzen gegenüber nachkommen, will sein Können und Wissen zum Nutzen dieser Gemeinschaft verbreiten und vertiefen. Die Volksgemeinschaft unterhält die Schulen, auf denen sich jeder Deutsche für das Leben vorbereitet und seine Fachkenntnisse erwirbt. Dieses Wissensgut ist ein Allgemeingut, das ihm zu treuen Händen übergeben wurde und das er zu jeder Zeit weiter zu pflegen und zu mehren hat.

Hier setzt die Aufgabe der Fachverbände ein, und in dieser Aufgabe besteht zu einem guten Teil ihre Lebensberechtigung und ihre Verpflichtung im Dritten Reich. Und anderseits erfüllt so der Fachgenosse in seinem Fachverband einen Teil seiner Pflichten der Volksgemeinschaft und dem Staat gegenüber.

Arbeit und Technik sind nicht Selbstzweck; Arbeit und Technik können nur fruchtbringend für die Allgemeinheit wirken, wenn sie von dem unabänderlichen Wollen gesteuert sind, für das Volksganze und das Reich zu wirken. Das bedingt weiter den restlosen Einsatz für die Aufgaben des Dritten Reiches und damit auch die intensive Mitarbeit im Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik (NSBDT). So bietet der mit dem NSBDT eng verbundene VDE dem Elektrotechniker alles, was er

Digitized by Google

zur Erhaltung seiner Arbeitsfähigkeit tun kann und muß.

Der VDE führt seine gesamten Arbeiten ohne Berücksichtigung irgendwelcher Sonderinteressen durch, mit seinen vielfältigen Einrichtungen dient er seinen Mitgliedern, und alle Mitglieder stellen sich wiederum in den Dienst der gemeinsamen Verbandsaufgaben. Diese vom Geist der Gemeinsamkeit getragene Wechselwirkung zwischen dem Verband und seinen Mitgliedern hat getreu den bei seiner Gründung aufgestellten Zielen stets bestanden. In jener denkwürdigen ersten Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu Köln im September 1893 hat der damalige erste Vorsitzende, Geheimrat Slaby, den Geist, von dem die Arbeit des VDE getragen werden sollte, in Worte zusammengefaßt, die noch heute Gültigkeit haben. Wenn Slaby damals sagte:

> *„Obenan steht uns die Wissenschaft; die Liebe zu ihr soll der Leitstern sein, dem unverbrüchlich zu folgen wir uns geloben. Ihren Fortschritt zu beleben, ihre Verbreitung und Vertiefung zu fördern, soll und wird unsere schönste und edelste Aufgabe sein."*

so kann auch heute dieses alte Ziel des Verbandes als an der Spitze unserer Arbeit stehend gelten. Das VDE-Mitglied erwartet von seinem Verband, daß er der Forschung dient, diese durch geeignete Maßnahmen fördert und ihm durch Veröffentlichungen und Vorträge zugänglich macht.

Der ältere Fachgenosse, der in den meisten Fällen auf irgendeinem Gebiet spezialisiert ist, will die Erkenntnisse und Hilfsmittel möglichst vieler anderer Gebiete für sein Sondergebiet nutzbringend verwerten. Der jüngere Fachgenosse, der bei seinem Studium mit den Grundlagen der Elektrotechnik vertraut wurde, sucht die Kenntnisse, welche die ihm gestellte besondere berufliche Aufgabe erfordert, bei den Vortrags- und Sprechabenden zu ergänzen. Für den Verband anderseits ist die Mitarbeit aller Mitglieder hierbei unerläßlich. Wenn das VDE-Mitglied die Früchte der wissenschaftlichen Arbeit des Verbandes ernten will, muß es selbst durch fruchtbare Anregungen, durch eine rege fachliche Mitarbeit und durch interessiertes Verfolgen der Veröffentlichungen zu der Erzielung so hoher Leistungen beitragen. Wie könnte beispielsweise die „Elektrotechnische Zeitschrift" Hochwertiges leisten und dem Mitglied im Laufe des Jahres so umfangreiches wissenschaftliches Material zur Verfügung stellen, wenn nicht alle Mitglieder zusammenständen und eben durch ihre Mitgliedschaft die Herausgabe einer so großen Zeitschrift ermöglichten. Wie könnten zum anderen die Vorträge in den Gauen und die Fachberichte auf den VDE-Mitgliederversammlungen, die dem Mitglied reiche Anregung bieten, zustande kommen, wenn sich nicht gerade aus den Mitgliederkreisen immer wieder selbstlos Vortragende zur Verfügung stellten, die bei diesen Gelegenheiten ihre neuesten Forschungsergebnisse bekanntgeben. Wie hätte das Vorschriftenwerk der Elektrotechnik, das im In- und Auslande so große Anerkennung gefunden hat und auf das die deutschen Elektrotechniker stolz sein können, zustande kommen sollen, wenn nicht Jahr für Jahr Hunderte von VDE-Mitgliedern ehrenamtlich in den Ausschüssen mitgearbeitet und durch positive Kritik an den Entwürfen mitgewirkt hätten.

Wenn wir in der Rede Slabys weiter lesen, so finden wir als nächsten Satz in der ihm eigenen wohlklingenden Sprache die Worte:

> *„Doch der warme Pulsschlag der Begeisterung, den uns die Liebe zur Wissenschaft erregt, wird auch die Herzen zueinander führen, gleichstrebende Freunde wollen wir sammeln und damit das Band, das uns vereinigt, fester schlingen."*

Wenn wir in heutiger Zeit, in der der VDE der große anerkannte Fachverein für die gesamte Elektrotechnik Deutschlands ist, auf die damalige — man möchte fast sagen heroische — Zeit der deutschen Elektrotechnik zurückblicken, so mag es im ersten Augenblick so erscheinen, als ob die Freundschaft und das persönliche Zusammenstehen der Fachgenossen damals in dem kleinen Kreise hätten enger sein können als heute in einem Verband von über 8000 Mitgliedern. Aber wer das Leben in unseren Gauen kennt und weiß, welche enge persönliche Verbundenheit dort zwischen den Fachgenossen der Elektrotechnik besteht, der weiß auch, daß der Zusammenhalt, den der VDE als großes Sammelbecken der Elektrotechniker bildet, heute genau so fest ist wie vor 43 Jahren. Besonders die jüngeren Fachgenossen, die als Jungingenieure während des Studiums oder in den ersten Jahren ihrer praktischen Tätigkeit zum VDE kommen, empfinden stark diese Kameradschaft und die Verbindung mit den erfahrenen Älteren.

Als wenn er seine vor 43 Jahren gesprochenen Worte unserer Zeit zuriefe, sagt Slaby schließlich:

> *„Doch auch ein Schutz- und Trutzbündnis ist unser Verband. Einstehen wollen wir für die Wahrung der Würde und Bedeutung unserer nationalen Elektrotechnik"*

und fährt dann fort:

> *„Man hat uns eine Interessenvertretung gescholten. Ja, meine Herren, wenn man darunter nicht die Vortheile des einzelnen versteht, sondern die Förderung des Wohles, die Wah-*

Digitized by Google

rung der Lebensbedingungen der Allgemeinheit der deutschen Elektrotechnik, so acceptiren wir diesen Namen.“

Auch in diesem „Schutz- und Trutzbündnis“ sehen wir wiederum eine Wechselwirkung zwischen dem VDE und allen seinen Mitgliedern. Der Verband erwartet von seinen Mitgliedern, daß sie ihr Wissen und Können nicht nur der Allgemeinheit der deutschen Elektrotechnik, sondern der Allgemeinheit von Volk und Staat zur Verfügung stellen, und das VDE-Mitglied sieht in seinem Verband das Sprachrohr, seine technischen Fähigkeiten bei den von Partei und Staat der deutschen Elektrotechnik gestellten großen Aufgaben zum Einsatz zu bringen. Hier ist es der Nationalsozialismus gewesen, der das technische Schaffen aus der engen Gebundenheit an nur wirtschaftliche Ziele befreit und auf die große Gemeinsamkeit der Interessen des Volksganzen ausgerichtet hat. Der VDE und seine Mitglieder sehen in der Lösung dieser Aufgabe, in der der Nationalsozialistische Bund Deutscher Technik die Führung übernommen hat, ihre höchste Zielsetzung, wie das ja auch in den Worten Ausdruck gefunden hat, mit denen unser jetziger Vorsitzender, Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. W. Ohnesorge, die neuen Leiter der VDE-Ausschüsse im Mai 1934 verpflichtete:

„Als Führer des VDE verpflichte ich Sie zu einer von voller Verantwortung getragenen Mitarbeit im Sinne unseres Führers und Kanzlers Adolf Hitler, die darin gipfelt, daß eigene hemmende Wünsche der großen gemeinsamen Notwendigkeit unter bewußter Wahrung nationaler Interessen untergeordnet werden und daß unter Hergabe der besten Leistung des einzelnen, durch verständnis- und vertrauensvolle Zusammenarbeit aller ein Werk geschaffen wird, das der deutschen Elektrotechnik im In- und Auslande und damit dem gesamten Volke dient und zur Ehre gereicht.“

Ausländische Beziehungen zu pflegen und zu erweitern ist für den Verband eine weitere wichtige Aufgabe. Daher ist es Pflicht des Verbandes, hier Brücken zu schlagen und das Verständnis für die deutsche Elektrotechnik und ihre Leistungen auch über die Grenzen des Reiches hinauszutragen.

Der Export hat mit der inneren Entwicklung infolge der Wirtschaftslage des Auslandes nicht Schritt halten können. Die Ausfuhrmöglichkeit wird nicht allein durch Güte und Preis einer Ware, sondern auch durch die innere Einstellung des Auslandes, die menschlichen und geistigen Beziehungen mitbestimmt. Ein Ausländer, der in Deutschland studiert hat, der deutsche Fachschriften liest, der mit Deutschen zusammen internationale Fragen technischer und wissenschaftlicher Art behandelt, wird zu einem Gliede deutscher Beziehungen mit dem Ausland und kann damit zu einem Stützpunkt für deutsche Art und deutsche Arbeit werden.

Ein starkes Gerüst für die deutsche elektrotechnische Arbeit bilden ferner die anerkannten Bestimmungen des VDE auf dem Gebiete der technischen Beschaffenheit, Sicherheit und Installation elektrischer Anlagen und Verbrauchsgeräte. Sie entstehen durch freiwillige Gemeinschaftsarbeit aller beteiligten Stellen, wie Reichs- und Staatsbehörden, Parteistellen, Instituten der Wissenschaft, der Elektrowirtschaft und Industrie, Handel und Gewerbe sowie zahlreicher Fachleute aller Kreise in den Ausschüssen des VDE und finden ihren Niederschlag in seinem Vorschriftenwerk.

Am 13. 12. 1935 wurde das Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) veröffentlicht; es hat in allen Fachkreisen des In- und Auslandes große Beachtung gefunden. § 13 (2) dieses Gesetzes ist für den VDE und seine Arbeiten, insbesondere sein Vorschriftenwerk, von besonderer Bedeutung. Es ist anzunehmen, daß die zukünftige Entwicklung sich auf dem, was sich in jahrzehntelanger Arbeit bewährt hat, aufbauen wird.

Im engen Zusammenhang mit dem Vorschriftenwerk stehen die Normungsarbeiten des VDE. Durch rege Tätigkeit auch auf diesem Gebiete setzt sich der VDE dafür ein, daß Arbeit nicht verschwendet wird. Arbeitsbeschaffung im Sinne des Dritten Reiches ist nicht mehr oder weniger planloses Beschäftigen von Arbeitskräften, sondern sparsames Haushalten mit dem Volksgut Arbeitskraft. Hier sind die Normen ein wichtiges Hilfsmittel. —

Die großen Aufgaben des VDE sind hierdurch kurz umrissen. Der VDE ist stolz darauf, ein notwendiges Glied in der technischen Aufbauarbeit des Dritten Reiches zu sein und ein solch gewaltiges Arbeitsgebiet auszufüllen, er übernimmt freudig die ihm hieraus erwachsenden Verpflichtungen.

Digitized by Google

Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit.

Bericht des Verbandes Deutscher Elektrotechniker anläßlich der 38. Mitgliederversammlung in München

unter Mitarbeit von

R. Bingel / A. Bürklin / O. Clemens / F. Gladenbeck / K. Heine / W. Hohle / E. Hueter
M. Kloß / C. Körfer / E. Kühn / E. Lübcke / G. Lucas / H. Meyer-Delius / H. Probst
A. Rachel / H. Reckenthäler / W. Rier / K. Rißmüller / K. Rottsieper / M. Schenkel
R. Schimpf / M. Schleicher / I. Sihler / W. Stäblein / R. Tröger / R. Vieweg / M. Walter
M. Wolff / sowie, für den ersten Teilbericht, der Geschäftsführung der WEI.

Die Elektroindustrie.

621. 3. 002

Befestigter Binnenmarkt — Leichte Ausfuhrverbesserung.

Das wirtschaftliche Erholungsschrittmaß der elektrotechnischen Industrie hat sich offensichtlich verlangsamt. Während das Arbeitsvolumen von 1933 auf 1934 um 52 % gestiegen war, betrug der Zuwachs des letzten Jahres nur 15 %, und im laufenden Jahr bleibt die Belebung noch etwas hinter diesem Satz zurück (Abb. 1). Allerdings ist

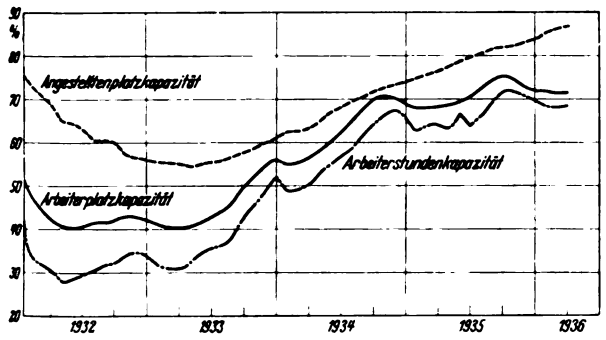


Abb. 1. Beschäftigungsentwicklung in der Elektroindustrie 1932 bis 1936. (Vierteljahrsdurchschnitt 1929 = 100.)

im gegenwärtigen Konjunkturabschnitt die Beschäftigung allein kein ausreichender Maßstab der Wirtschaftstätigkeit. Nachdem 1933/34 die Beschäftigungszunahme der Umsatzerweiterung vorangeeilt war, scheint jetzt, da bei den neueingestellten Arbeitskräften eine gewisse Einlernzeit überbrückt und die stärkere Heranziehung sachlicher Erzeugungsmittel notwendig geworden ist, die Zuwachsrate der Erzeugung größer zu sein als die der Beschäftigung. Bei Berücksichtigung dieser Verschiebungen der produktiven Kräfte würde sich also der Unterschied im Steigerungsgrad der betrachteten Jahre etwas mildern. Die Kapazität der Fertigungsanlagen wurde im Durchschnitt aller Fabrikationszweige zu zwei Dritteln ausgenutzt. Weitere Unternehmen wurden somit in die Ertragszone geführt. Die Ertragsgestaltung konnte vor allem durch die fortschreitende Kostendegression erheblich verbessert werden, wenngleich bei einer Reihe von Unternehmen die Betriebsüberschüsse immer noch nicht zur völligen Tilgung der Verlustvorträge ausreichen. Im ganzen bietet die augenblickliche Wirtschaftslage der Elektroindustrie unter schrittweiser Aufwärtsbewegung das Bild einer Festigung, die zudem erstmalig seit sechs Jahren wieder eine gewisse Stütze in dem etwas verbesserten Auslandsgeschäft findet. Unter Berücksichtigung der immer noch bestehenden großen Spanne zwischen Binnen- und Auslandsmarkt muß jeder Vergleich des Wirtschaftsaufschwungs der Elektroindustrie mit dem anderer Investitionsgüterindustrien davon ausgehen, daß von dem Vorkrisenumsatz der Elektroindustrie rd. ein Viertel auf den Geschäftsverkehr mit dem Ausland entfiel, während der heutige Ausfuhranteil bei ungefähr 15 % liegt. Des weiteren enthält das vielseitige Arbeitsfeld der Elektrotechnik Erzeugnisse, die der nachhinkenden Wirtschaftsbelebung der Verbrauchsgüter zuzurechnen sind.

An dem Arbeitseinsatz der Berichtszeit konnte die Elektroindustrie mit der Wiedereingliederung von über 30 000 Menschen teilnehmen, so daß ihre Werke im Jahresdurchschnitt 270 000 Personen beschäftigten gegenüber 238 000 i. V. Im Vergleich mit 1932 (172 000) bedeutet dies eine Beschäftigtenzunahme um 97 000 oder 56 %, der bisherige Höchststand von 1928 wird noch um 16 % unterschritten (Zahlentafel 1). Gemessen an der Beschäftigungskapazität der Betriebe waren bei den Arbeitern 71 %, bei den Angestellten 81 % der vorhandenen Plätze besetzt. Die 1934 durch das schnellere Anwachsen der Arbeitereinstellungen aufgetretene Spanne hat sich jetzt zugunsten der aufholenden Angestelltenbeschäftigung vermindert, immerhin ist der Beschäftigungsgrad der Gehaltsempfänger erst bei dem Stand von 1931 angelangt, während die Arbeiter sogar den von 1930 bereits überschritten haben. Die durchschnittliche tägliche Arbeitszeit je Arbeiter erhöhte sich gleichfalls leicht, nämlich von 7,3 auf 7,5 h. Damit verbesserte sich erneut das Lohneinkom-

Zahlentafel 1. Anzahl der Beschäftigten und Ausfuhr der elektrotechnischen Industrie 1928/29 bis 1936.

Jahr	beschäftigte Personen in 1000	Ausfuhr in Mill RM
1928/29[1])	319	587,4
1930	271	629,5
1932	172	353,8
1933	179	248,9
1934	236	226,4
1935	269	233,2
1. Vierteljahr 1935	257	52,2
1. Vierteljahr 1936	274	58,7

[1]) Durchschnitt beider Jahre.

Digitized by Google

men, das sich — seit längerer Zeit erstmalig wieder festgestellt — im Dezember vorigen Jahres bei männlichen Facharbeitern auf einen Wochenbruttoverdienst von 52,30 RM stellte, während es bei angelernten Arbeitern 44,00 RM, bei Hilfsarbeitern 35,80 RM und bei weiblichen Arbeitskräften 26,30 RM betrug. Kennzeichnend für die zur Herstellung von Elektroerzeugnissen erforderliche Qualitätsarbeit ist die Feststellung, daß mit Ausnahme der angelernten Arbeiter die Stundenverdienste der in der Elektroindustrie beschäftigten Arbeitskräfte über denen aller übrigen Zweige der metallverarbeitenden Industrie liegen.

Der Binnenmarkt.

Innerhalb der von den Inlandsabnehmern ausgehenden Anregungen vollzog sich eine teilweise Umschichtung. Hatte während der beiden ersten Aufschwungsjahre die Welle der staatlichen oder auf staatliche Förderung zurückgehenden Arbeitsbeschaffungsaufträge auch die Erzeugung der Elektroindustrie emporgetragen, so wurde sie im vergangenen Jahr durch die Ausrüstung der Wehrmacht abgelöst und durch einen stärkeren Auftragseingang aus Industriekreisen gestützt. Gleichzeitig äußerte sich in dem bislang zurückgebliebenen Zentralengeschäft seit der zweiten Jahreshälfte eine Anfangsbelebung, die Elektrisierungsarbeiten im Bahnwesen und anderen Anwendungsgebieten nahmen ihren Fortgang, und schließlich bewirkte die anhaltende Neubautätigkeit einen zumindest behaupteten Absatz der mannigfachen Anschlußmaterialien. Die hiervon berührten elektrotechnischen Anlagegüter, heute wie immer im Aufschwung bevorzugt, haben ihre ausgeprägte Führung noch nicht abgegeben. Im Gegenteil: Die Spanne zwischen Rundfunk- und Haushaltgeräten (V) einerseits und den Erzeugungsmitteln (E) anderseits hat sich noch erweitert. Gemessen an dem Arbeitsvolumen bietet sich — ohne Gewichtung der Gruppen — folgendes Bild:

	1933	1934	1935
V	41,4	49,1	48,9
E	37,7	55,3	64,3

Am Wiederaufbau der deutschen Wehrmacht war und ist auch die Elektrotechnik beteiligt, wobei entsprechend der Aufgaben des elektrischen Fernmeldewesens die Vorrichtungen des Schwachstromgebietes besonders herangezogen wurden, doch stehen auch die von der Flugmotoren- und Autoindustrie an die Elektroindustrie als Zulieferantin gegebenen Aufträge sowie elektrische Schiffseinrichtungen, Scheinwerfervorrichtungen, Meßinstrumente u. dgl. mit der Wiederwehrhaftmachung in Zusammenhang. Der Geschäftsverkehr mit der Industrie, der am meisten zugenommen hat, wurde weiterhin durch eine lebhafte Anfrage- und Bestelltätigkeit gekennzeichnet. Dabei wirkten sich im wesentlichen drei Faktoren aus. Die Ausdehnung der heimischen Rohstofferzeugung stellte hohe Anforderungen hinsichtlich der mitunter neuartigen Einrichtungen und der oftmals kurz bemessenen Lieferfristen. In diesem Auftragskreis ist namentlich die Chemie hervorgetreten. Die zweite Welle der Industrieaufträge ging von der Umstellung vieler Betriebe auf die staatlichen Aufträge aus. Die wichtigste Auftriebskraft in diesem Geschäftszweig war aber der bisher zurückgestellte echte Investitionsbedarf der meisten Industrien. Wenngleich im allgemeinen, trotz des unveränderten Anhaltens der Wirtschaftsbelebung, bei den Industrieunternehmen noch einige Zurückhaltung in der Schaffung zusätzlicher Werkstätten unverkennbar ist, so kamen doch verschiedene besonders gut beschäftigte Industriezweige ohne Kapazitätserweiterung nicht mehr aus, wenngleich in anderen die bestehenden Investitionsverbote den Maschinenabsatz hemmten. Außerdem wurden in nahezu sämtlichen Zweigen der gewerblichen Wirtschaft Betriebsrationalisierungen vorgenommen, eine Erscheinung, die vor allem dadurch bedingt ist, daß mit dem Näherrücken der Vollbeschäftigung auch Fertigungsanlagen in die Erzeugung einbezogen werden müssen, die, weil wirtschaftlich ungünstiger arbeitend als andere Betriebsteile, während der Krisenjahre zuerst stillgelegt wurden, und die nun ohne technische Verbesserung auf die Ertragsrechnung drücken würden. Seitens der industriellen Kundschaft haben sich die Auftragserteilungen in elektrischen Anlagen und Maschinen vor allem gebessert aus dem Bergbau, der Papierindustrie und der metallverarbeitenden Industrie, denen Zement-, Nahrungsmittel- und Textilindustrie folgen. Auf den neueren Anwendungsgebieten der Elektrizität in Industrie und Gewerbe zeigte sich wachsendes Interesse für Elektrowerkzeuge, -öfen und -schweißung, während die Sonderantriebe für Werkzeugmaschinen dank dieser die deutsche Einrichtungskonjunktur führenden Maschinengattung besonders günstig lagen. So ist mit Ausnahme der Meßinstrumente die anteilsmäßig wichtige Gruppe der elektrischen Maschinen und Motoren der einzige elektrotechnische Herstellungszweig, in dem sich die Erzeugung seit 1933 mehr als verdoppelt hat. Im Kabelgeschäft haben sich die Umsätze für Starkstromkabel ungefähr auf der Höhe des Vorjahres gehalten, während der Absatz von Schwachstromkabeln noch eine Steigerung erfuhr. Beide Kabelgebiete wurden leicht gestützt durch die Fortführung der Eisenbahnelektrisierung. Die Zusammensetzung der Nachfrage nach Starkstromkabeln erfuhr in gewissem Umfang eine Änderung durch den auftretenden Bedarf der Wehrmacht. Die wichtigste Aufgabe des letzten Jahres war hier die Umstellung auf Aluminium als Leitmaterial. Dem Schwachstromkabelabsatz wurde ein wesentliches Gebiet durch die Reichsautobahn erschlossen, das sich im Jahre 1935 bereits stark auswirkte. Ein weiteres neues Arbeitsfeld eröffnet das Fortschreiten der Fernsehtechnik. Die Entwicklungsarbeiten für Fernsehkabel sind fortgeführt und ihre Verwendung ist in gewissem Umfang aufgenommen worden. Die wachsende Elektrizitätserzeugung, 1935 mit rd. 35 Mrd kWh den Stand von 1929 bereits überschreitend, brachte die seit längerem erwartete Belebung des Zentralengeschäftes. Die installierte Leistung aller deutschen Werke, die sich schon 1934 um 4 % erstmalig wieder erweiterte, hat in der Berichtszeit einen erneuten Ausbau erfahren. Fördernd wirkt sich dabei jetzt der Erlaß des Energiewirtschaftsgesetzes aus, das die bisherige Ungewißheit über die Regelung der Energiewirtschaft beseitigte, so daß sich bereits eine Steigerung der Planungstätigkeit für größere Krafterzeugungs- und -verteilungsanlagen bemerkbar macht. Immerhin blieben die Lieferungen für die Anlagen der Elektrizitätsversorgung, in denen Meßinstrumente für Schaltanlagen und Prüfvorrichtungen bevorzugt sind, hinter denen anderer Fabrikationszweige und erst recht hinter dem früheren Umfang des Kraftwerksgeschäftes zurück. Auf dem Gebiet des Bahnwesens erteilte die Reichsbahn neben den Anlagen der Nachrichtenübermittlung und Streckensicherung Aufträge in Vollbahnlokomotiven und dieselelektrischen Triebwagen, wie auch die Verstärkung des Berliner S-Bahnverkehrs Bestellungen auf neue Wagen und Großgleichrichteranlagen zeitigte. In der Streckenelektrisierung selbst wurden die meisten Bauarbeiten abgeschlossen; die jetzt in Angriff genommene Elektrisierung der Strecke Nürnberg—Halle—Leipzig wird dagegen für die auf diesem Gebiet tätigen Firmen in den nächsten Jahren eine Grundbelastung der entsprechenden Werkabteilungen bringen. Eine gewisse Steigerung macht sich auch bei Industriebahnen bemerkbar, während das Geschäft mit den Straßenbahnen weiter ruhig blieb. Infolge der nur geringfügigen Belebung in der Benutzung dieses Verkehrsmittels mußten die vorliegenden Planungen nochmals zurückgestellt werden, soweit sie nicht in dem vorhandenen Wagenpark auf Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit — wie Anfahrtsbeschleunigung oder Bremsverzögerung — abzielten. Dank der Bestrebungen zur stärkeren Verwendung heimischer Treibstoffe fanden Elektrofahrzeuge eine sehr günstige Entwicklung, die sich auch auf die Hersteller der Fahrzeugakkumulatoren

Digitized by Google

auswirkte. Der Absatz in dem mannigfachen elektrotechnischen Zubehör für Kraftfahrzeuge wurde von der Umsatzverdoppelung dieser Industrie befruchtet. Auf dem Schwachstromgebiet waren die Aufträge der Reichspost zur Einrichtung von Fernsprechämtern rückläufig. Sie beschränkten sich auf unbedingt notwendige Erweiterungen und konnten auch durch die Bestellung von Nebenstellenanlagen sowie durch das belebte private Fernsprechgeschäft nicht ausgeglichen werden. Dagegen erteilte die Reichspost in vermehrtem Umfang Bestellungen auf Verstärkereinrichtungen, Wechselstrom-Telegraphieanlagen und Einzelteile für Fernspreeheinrichtungen. In Sende- und Empfangsanlagen für drahtlose Übertragungen war das Geschäft nach wie vor gut, wie auch der Ausbau des öffentlichen Fernschreibnetzes den Verkauf von Fernschreibmaschinen förderte. Meßinstrumente schließlich, deren Erzeugung sich in den beiden letzten Jahren verdoppelte, fanden einen anhaltend guten Absatz.

Mit Ausnahme der Rundfunkindustrie war die Entwicklung von Erzeugung und Beschäftigung in den übrigen Gruppen der Elektroindustrie gleichfalls günstig. Der Absatz von Leitungsdrähten, Zählern, Installationsmaterial, Isolierrohr, Leuchten und Glühlampen war befestigt dank der Inangriffnahme neuer Industrie- und Wohnungsbauten. Die wesentlich gebesserten Verkäufe in elektrischen Haushaltgeräten sind vornehmlich auf wachsende Kaufkraft, rege Werbung und entgegenkommende Tarifgestaltung zurückzuführen, wobei der Elektroherd den besten Absatz fand. Zwar ist die Anzahl der in deutschen Haushaltungen im Gebrauch befindlichen Elektrovollherde — jetzt über 400 000 — im Vergleich zu der Gesamtzahl der Haushaltungen immer noch gering. Es erscheint aber interessant, daß 1935 auf 100 verkaufte neuzeitliche Haushaltherde (ohne reine Kohlenherde) bereits 35 Elektrovollherde entfielen. Die Untersuchungen des Reichskuratoriums für die Technik in der Landwirtschaft in einer Reihe von sog. elektrischen Dörfern haben ausgezeichnete Ergebnisse über die Anwendung der Elektrizität in Haus und Hof gezeigt, so daß sich hier ein bedeutendes Absatzgebiet entwickeln wird. In der Rundfunkwirtschaft brachte die zweite Jahreshälfte für die apparatebauende Industrie und ihre Zulieferanten einen Rückschlag, dessen Auswirkung sich zwar im Anfang 1936 noch bemerkbar machte, während in allerletzter Zeit das Verhältnis zwischen Erzeugung und Lagerhaltung sich zu bessern scheint.

Leichte Ausfuhrverbesserung.

Die seit Mitte 1934 anhaltende Wiederbelebung der internationalen Güterumsätze ist an der deutschen Elektroausfuhr nicht vorübergegangen. Nachdem der langjährige Schrumpfungsprozeß bereits in den ersten Monaten 1935 zum Abschluß gekommen war, führte das Jahresergebnis die Ausfuhrkurve erstmalig seit sechs Jahren etwas nach oben (Abb. 2). Mit 233 Mill RM wird der Vorjahreswert um 3 % übertroffen; bei Ausschaltung der vielfach weiter nachgebenden Preise ergibt sich sogar ein Mengenzuwachs um ungefähr 14 %. Dabei war die Preisentwicklung in den einzelnen Warengruppen und im Geschäftsverkehr mit den verschiedenen Ländern wiederum recht unterschiedlich, einmal wegen der für die Welt-Elektroausfuhr charakteristischen Streuung des internationalen Wettbewerbs und dann infolge der abweichenden Leistungsfähigkeit der in den Absatzgebieten bestehenden Fabrikationszweige. Am ungünstigsten war die Erlösgestaltung vor allem im Großanlagengeschäft, sodann bei elektrischen Maschinen, Anschlußmaterial, einigen Übertragungseinrichtungen und verschiedenen Haushaltgeräten, während die Vorrichtungen für das Fernsprech- und Telegraphenwesen, elektromedizinische Geräte, Röntgenröhren, künstliche Kohle u. a. ihren vorjährigen Preisstand behaupten, teilweise sogar aufbessern konnten. Im ganzen dürfte jetzt der Preisrückgang für elektrotechnische Erzeugnisse auf dem Weltmarkt seinen Tiefstand erreicht haben, wobei es fraglich bleibt, ob die englische und amerikanische Elektroindustrie nach Ausnutzung des durch die Währungsentwertung geschaffenen Spielraums nunmehr noch betriebswirtschaftliche Reserven für eine nachgebende Preisgestaltung einzusetzen haben. Bei Würdigung dieses Kräfteverhältnisses ist leider festzustellen, daß die deutsche Elektroindustrie an der Deckung des wachsenden Welt-Elektroeinfuhr-Bedarfs nicht im gleichen Umfang teilnehmen konnte wie ihre angelsächsischen Wettbewerber. Die Welt-Elektroausfuhr 1935 mit 895 Mill RM gegenüber 1933 um 7 % erweitert, sieht Deutschland mit einem Anteil von 26,1 % zwar immer noch an der Spitze, der Abstand zu den V. S. Amerika (23,3) und Großbritannien (18,8) hat sich aber verringert. Beide Länder, deren Ausfuhr in der Krise stärker zurückgegangen war als die Deutschlands, liegen mit ihrem Auslandsabsatz bereits um ein Viertel über dem Wert von 1933, den Deutschland noch um 6 % unterschreitet. Zusammen haben sich die drei alten Elektroausfuhrländer behauptet; nach wie vor vereinigen sie zwei Drittel der Weltmarktversorgung auf ihre Industrien.

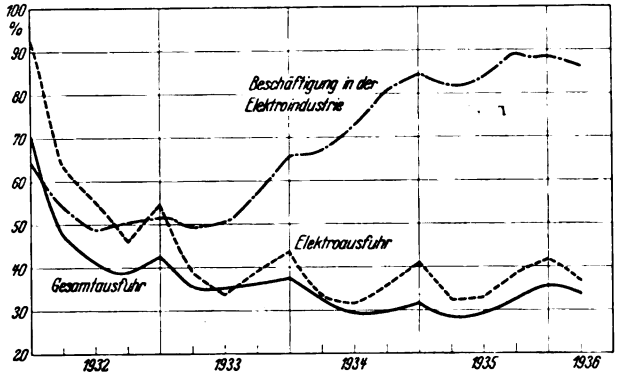


Abb. 2. Vergleich zwischen deutscher Gesamtausfuhr, Elektroausfuhr und Beschäftigung der Elektroindustrie 1932 bis 1936. (Vierteljahresdurchschnitt 1929 = 100.)

Die in den meisten europäischen und überseeischen Absatzgebieten herrschende Investitionskonjunktur, die sich in manchen Staaten bereits ihrer letzten Spitze nähert, hat erstmalig seit längerer Zeit den Auslandsabsatz elektrischer Maschinen gehoben. Abgesehen von den Lichtmaschinen erfaßt die Bewegung alle Maschinengattungen. Gleiche Anregungen förderten auch das Kabel- und Drähtegeschäft, sowie die Ausfuhr von Schaltern, Sicherungen, Installationsmaterial, Isolierrohr und Zählern. Unter den Gruppen einer wertmäßigen Ausfuhrabnahme bei gestiegenen Mengen sind Koch- und Heizgeräte, Magnet-Zündgeräte und Zubehör für Motorfahrzeuge, sowie die Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie hervorzuheben. Namentlich bei Funkgerät jeder Art hat sich seit Herbst 1935 eine Ausfuhrzunahme herausgebildet, die auch im laufenden Jahr zu Wertverbesserungen führte. Für Rundfunkempfänger allein ist jedoch das Auslandsgeschäft im Vergleich mit der nordamerikanischen Rundfunkindustrie nach wie vor unbefriedigend. Eine wert- und mengenmäßige Abnahme ist bei Röntgenröhren, Elektroherden, Lichtmaschinen und Staubsaugern zu verzeichnen, wovon Röntgenröhren 1936 wieder günstiger liegen. — Die durch den „Neuen Plan" veranlaßte teilweise Umlagerung des deutschen Außenhandels hat sich auch auf die geographische Verteilung der Elektroausfuhr ausgewirkt. Namentlich die überseeischen Absatzgebiete zeigen eine stärkere Aufnahmebereitschaft und -fähigkeit für deutsche elektrotechnische Erzeugnisse. So ist der durch die Krisenjahre überhöhte Anteil des europäischen Kontinents von 81 % im Jahre 1934 auf 76 % der Berichtszeit gesunken und hat sich im ersten Vierteljahr 1936 nochmals auf 74 % erniedrigt, so daß die Überseeländer nun-

Digitized by Google

mehr wieder ein Viertel der deutschen Elektroausfuhr aufnehmen. Neben den Staaten des asiatischen Raumes haben vor allem auch verschiedene ibero-amerikanische Länder an dieser günstigen Ausfuhrgestaltung teilgenommen. In Europa selbst sind Verschiebungen von den westeuropäischen Ländern zu den skandinavischen und südosteuropäischen Staaten eingetreten. Da die zu dieser Entwicklung führenden Gründe — Preisauftrieb der Rohstoffländer, zweiseitiger Handelsverkehr, Steuerung durch Verrechnungsabkommen — unvermindert anhalten, ist auch für das laufende Jahr mit einer Fortsetzung dieser Umschichtung zu rechnen.

Die Elektrizitätswirtschaft.

621. 311. 1. 003

Die Entwicklung der deutschen Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1935 ist im wesentlichen durch eine starke Zunahme der Erzeugung und des Verbauchs sowie durch die Vervollkommnung ihrer Organisation gekennzeichnet. Das bedeutsamste Ereignis des Jahres war der Erlaß des Energiewirtschaftsgesetzes vom 13. 12. 1935.

Erzeugung und Verbrauch.

Der Wiederaufstieg der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, der im Jahre 1933 einsetzte und von der allgemeinen Wirtschaftsbelebung getragen wird, hat auch im Jahre 1935 angehalten. Als Maß hierfür können die Ergebnisse der von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung geführten Monatsstatistik der Elektrizitätserzeugung herangezogen werden. Sie erfaßt 72 öffentliche Unternehmen, die nach der Erzeugung rd. 94 % und nach der Leistung rd. 87 % der von der Statistik des Reichsverbandes der Elektriziätsversorgung ausgewiesenen Gesamtwerte erreichten (bezogen auf 1934).

Die Erzeugung in eigenen Kraftwerken belief sich hiernach im Jahre 1935 auf 17,924 Mrd kWh und übertraf den Vorjahreswert von 15,487 Mrd kWh um rd. 15,7 %. Die Steigerung lag in Wärmekraftwerken, deren Anteil 14,776 Mrd kWh (82,5 %) betrug, mit 13,5 % unter dem Durchschnitt. Dementsprechend war der Zugang bei den Wasserkraftwerken, in denen 3,148 Mrd kWh erzeugt wurden, höher (29,4 %). Die sehr ungünstigen Wasserverhältnisse des Jahres 1934, in dem die Wasserkrafterzeugung gegenüber 1933 rückläufig und anteilig niedrig war, erklären die Steigerung im Jahre 1935.

Die Zahlen lassen den Schluß zu, daß auch allgemein der Anstieg der Erzeugung 1935 etwa das gleiche Ausmaß wie 1934 beibehalten hat. Demnach dürfte die vollständige Statistik für 1935 eine Gesamterzeugung von 19,0 bis 19,2 Mrd kWh aufweisen und den Höchststand des Jahres 1929 um rd. 15 % überschreiten.

Da die Leistungsfähigkeit der erfaßten Werke — Ende 1935: 7186 MW — nur wenig (0,7 %) zugenommen hat, ist auch ihre Benutzungsdauer etwa im gleichen Maß wie die Erzeugung um rd. 15 % auf 2490 h gestiegen. Wenn auch die Gesamtstatistik in dieser Hinsicht etwas schlechter abschneiden wird, so ist doch der bisherige Bestwert mindestens erreicht. Auf Grund dieser Tatsache ist auch mit einer stärkeren Kraftwerksbautätigkeit für die nächste Zeit zu rechnen. Im Jahre 1935 wurden Neubauten in nur verhältnismäßig geringem Umfang fertiggestellt.

Die in Abb. 1 gezeigten Werte der monatlichen, arbeitstäglichen und täglichen Erzeugung laufen mit den vom Statistischen Reichsamt für 122 Werke ermittelten fast vollkommen parallel. Da sich unter diesen 122 Werken auch Eigenanlagen (Industriekraftwerke) befinden, ist anzunehmen, daß sich deren Erzeugung etwa in dem gleichen Ausmaß wie die der öffentlichen Werke entwickelt hat. Nimmt man nach den letzten Veröffentlichungen des Statistischen Reichsamts an, daß die Erzeugung in der öffentlichen Versorgung dienenden Werken sich zu derjenigen in Eigenanlagen wie 55 : 45 verhält, so kann man die gesamte Erzeugung für 1935 auf etwa 36 Mrd kWh schätzen.

In Abb. 1 sind ferner die Werte für die ersten vier Monate des Jahres 1936 eingetragen, aus denen hervorgeht, daß die Aufwärtsbewegung angehalten hat. Insgesamt sind im ersten Jahresdrittel 1936 rd. 12,4 % mehr als im gleichen Zeitraum 1935 erzeugt worden.

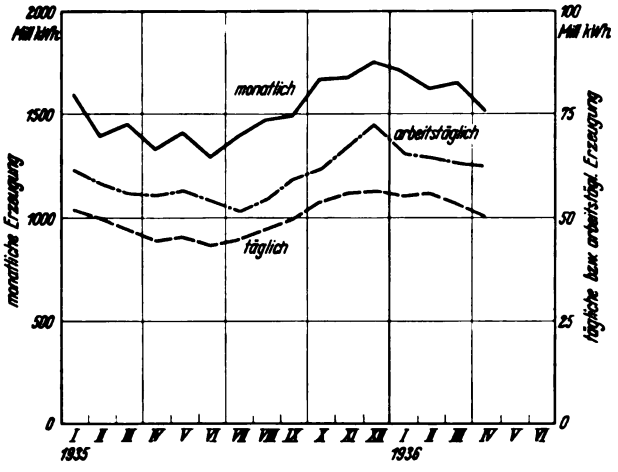


Abb. 1. Entwicklung der Stromerzeugung von 72 Unternehmungen nach Erhebungen der W.E.V.

Über den Außenverkehr des Deutschen Reiches mit elektrischer Energie liegen die letzten Zahlen des Statistischen Reichsamts für 1934 vor. Danach betrug die

	Einfuhr	Ausfuhr
im Jahre 1933 . .	602,8 Mill kWh	83,9 Mill kWh
im Jahre 1934 . .	829,7 Mill kWh	90,1 Mill kWh

Sowohl die Einfuhr als auch ihr Überschuß über die Ausfuhr haben erheblich zugenommen. Die größten Anteile des Bezuges entfallen nach wie vor auf die Schweiz (420 Mill kWh) und Österreich (340 Mill kWh), jedoch ist in den Zahlen die nach Deutschland erfolgte Abgabe der Grenzwasserkräfte nicht eingeschlossen. Auch im Jahre 1935 dürfte die Elektrizitätsbilanz wiederum passiv sein.

Für die Erhöhung des Verbrauchs spielt die Ausweitung der Elektrowärmeanwendung auf allen Gebieten eine steigende Rolle. Nach vorsichtigen Schätzungen kann unter Einschluß der eigenversorgten Anlagen für die gesamte deutsche Industrie im Jahre 1934 ein Anschlußwert der elektrischen Industrieöfen von 700 MW und ein Jahresverbrauch hierfür von 4 Mrd kWh angenommen werden. Da 1935 weitere bedeutende Anlagen errichtet wurden, dürften sich diese Werte auf etwa 850 MW und 5 Mrd kWh erhöht haben. Die Zahl der elektrischen Küchen ist im Jahre 1935 ebenso wie die der Heißwasserspeicher beachtlich gestiegen. Für beide Gerätearten zusammen kann mit einem Anschlußwert von 1350 MW und einem Jahresverbrauch von 350 Mill kWh gerechnet werden. Im übrigen hat sich die Zunahme des Stromabsatzes etwa gleichmäßig auf alle Anwendungsgebiete und Abnehmergruppen verteilt.

Digitized by Google

Änderungen im Aufbau.

Strukturelle Umwandlungen von allgemeiner Bedeutung haben bei den größeren Unternehmen im abgelaufenen Jahr nicht stattgefunden. Erwähnung verdient der Zusammenschluß der Ü.Z. Mühlhausen und des Städtischen E.W. Mühlhausen (Thür.), durch den ein Zwischenglied zwischen Erzeuger und Verbraucher ausgeschaltet wurde.

In recht beträchtlichem Umfang sind auch im Jahre 1935 kleine und kleinste selbständige Verteilungs- und Wiederverkaufsunternehmungen an größere Werke angeschlossen worden. Diese Entwicklung ist insoweit zu begrüßen, als sie dazu beiträgt, die Versorgung der Verbraucher sicherer und billiger zu gestalten, d. h. vorteilhaftere, vor allem verbrauchsfördernde Tarife einzuführen und den oft unbefriedigenden technischen Zustand der Anlagen der Kleinstverteiler zu verbessern. Für Erneuerungen, Erweiterungen und Umbauten gerade in Niederspannungsnetzen wurden erhebliche Mittel zur Arbeitsbeschaffung bereitgestellt. Auch durch Finanzierung von Geräteanschaffungen und nicht zuletzt auch durch verbrauchfördernde Ausgestaltung der Tarife haben sich die Elektrizitätsversorgungsunternehmen bemüht, die ihnen aus der Absatzsteigerung erwachsenden Mehreinnahmen wieder der Belebung der Wirtschaft zuzuführen.

Organisation.

Nachdem die Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung (W.E.V.) durch Anordnung des Reichswirtschaftsministers vom 20. 10. 1934 als alleinige Vertretung ihres Wirtschaftszweiges anerkannt war, hat sie im Jahre 1935 ihren Aufbau vollendet. In den ersten Monaten erfolgte die Errichtung der 15 Bezirksgruppen, deren Gebiete in Anlehnung an die Bezirke der Wirtschaftskammern festgelegt wurden, und die Bestellung ihrer Leiter. Der Beirat der W.E.V., der dem Leiter beratend zur Seite steht, wurde gebildet. Der Leiter der W.E.V. erließ am 7. 6. 1935 deren Satzung. Im August wurden die wichtigsten Ausschüsse der W.E.V. berufen, die nach den Weisungen des Leiters bestimmte Aufgabengebiete — Elektrotechnische Fragen, Tarifwesen und Statistik, Rechtsfragen, Maschinentechnische Fragen usw. — bearbeiten. Auch die Beiräte der einzelnen Bezirksgruppen sowie eine Reihe von Fachausschüssen bei diesen sind gebildet worden. Hiermit ist der Aufbau der W.E.V. in allen Organen abgeschlossen.

Auch die Erfassung ihrer Pflichtmitglieder, deren Zahl auf insgesamt etwa 15 000 geschätzt wird, wurde zu einem großen Teil durchgeführt. Dabei ergab sich, daß sehr wenigen großen Werken eine unverhältnismäßig große Zahl von Unternehmen gegenübersteht, die eine sehr geringfügige jährliche Abgabe aufweisen. Z. B. zeigte eine Auswertung für rd. 8500 Unternehmen mit einer jährlichen Stromabgabe von über 5000 kWh, daß nur etwa 3,5 % von ihnen eine Abgabe von 5 Mill kWh jährlich erreichten oder überschritten, während sie bei etwa 56 % von ihnen nur zwischen 5000 und 25 000 kWh jährlich lag. Diese Zahlen geben einen guten Begriff von der gegenwärtigen Struktur der deutschen öffentlichen Elektrizitätsversorgung, sie unterstreichen aber auch die Notwendigkeit und Größe der Aufgabe, diese Vielzahl von Unternehmen einer einheitlichen zentralen Lenkung zu unterstellen.

Nachdem durch die „Verordnung über Mitteilungspflicht in der Energiewirtschaft" und die auf sie gegründete Tätigkeit der Reichsgruppe Energiewirtschaft ein erster Schritt in dieser Richtung getan worden war, erfolgte die endgültige Lösung der Frage durch das „Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz)" vom 13. 12. 1935[1]). Es unterstellt die Energiewirtschaft (Elektrizitäts- und Gasversorgung) der Aufsicht des Reiches, die durch den Reichswirtschaftsminister — soweit Belange der Energieversorgung der Gemeinden und Gemeindeverbände berührt werden, im Einvernehmen mit dem Reichsminister des Innern — ausgeübt wird. Als allgemeingültige Richtlinie für sämtliche Energieversorgungsunternehmen stellt es das Ziel auf, die Energieversorgung so sicher und so billig wie möglich zu gestalten, überläßt es jedoch der im einzelnen Fall zu treffenden Entscheidung, welche Mittel hierzu anzuwenden sind. Es schafft die Grundlagen, auf der die praktische Lenkung mit diesem Ziel einsetzen kann, einerseits in der Anzeigepflicht und dem Untersagungsrecht für Neubauten, Erweiterungen, Erneuerungen und Stillegungen von Energieanlagen, anderseits in der Eingriffsmöglichkeit in die Gestaltung der allgemeinen Tarife. Aber auch hier werden keine Einzelvorschriften erlassen, die etwa die Entwicklung in eine bestimmte Bahn leiten oder gar einengen könnten. Die den Unternehmen gestellten Aufgaben sollen vielmehr in erster Linie von diesen selbst unter ihrer eigenen Verantwortung und unter Heranziehung der Selbstverwaltungskörper gelöst werden. Die Aufrechterhaltung der selbstverantwortlichen privaten Unternehmertätigkeit auf dem Gebiet der Energieversorgungswirtschaft ist allgemein ein wichtiger Grundsatz des Gesetzes.

Die ganze Tragweite des Energiewirtschaftsgesetzes und seine volle Auswirkung auf die Ausgestaltung der Elektrizitätswirtschaft lassen sich heute noch gar nicht übersehen. Es steht aber fest, daß es einen entscheidenden Wendepunkt in der Geschichte der deutschen Elektrizitätsversorgung bedeutet und alle Voraussetzungen schafft, ihren anerkannt hohen technischen und wirtschaftlichen Stand weiter zu vervollkommnen. Die Elektrizitätswirtschaft selbst ist gerade jetzt nach Vollendung ihrer eigenen geschlossenen Organisation in der Lage, alle der Erreichung des Zieles einer möglichst sicheren und billigen Versorgung dienlichen Maßnahmen zu fördern.

[1]) ETZ 56 (1935) H. 1, S. 21.

Kraftwerksbau.

621. 311

Das Jahr 1935 hat für den Kraftwerksbau in Deutschland nach einer Zeit des Stillstandes von nahezu sechs Jahren erstmalig eine Belebung gebracht. Infolge der starken Steigerung der Industrieerzeugung sind vor allem Neubauten und Erweiterungen von industrieeigenen Kraftwerken durchgeführt worden. Die weitere Steigerung des Stromverbrauches[1]) um etwa 14 % gegenüber dem Vorjahr hat aber auch zu einer erhöhten Bautätigkeit bei den öffentlichen Elektrizitätswerken geführt.

Dampfkraftwerke.

Die überwiegende Mehrzahl der Bauvorhaben erstreckte sich wie im Vorjahr hauptsächlich wieder auf Dampfkraftwerke. Neben mehreren Industriekraftanlagen wurden vor allem auch Erweiterungen vorhandener größerer öffentlicher Elektrizitätswerke in Angriff genommen. Bei diesen Arbeiten konnten verschiedene Erkenntnisse, die in den letzten Jahren auf den Gebieten der Dampftechnik, des Kessel- und Feuerungsbaues, des Dampfturbinenbaues, der Werkstoff- und Fertigungstechnik gewonnen worden waren, erstmalig verwirklicht werden.

Sowohl Vorschaltanlagen mit 80 bis 130 atü Konzessionsdruck als auch Kondensationsanlagen mit 40 bis 80 atü Konzessionsdruck wurden für öffentliche Werke geplant und ausgeführt. Die starke Verschiedenheit der gewählten Drücke zeigt, daß trotz des Wunsches nach guter Wirtschaftlichkeit durch Wahl eines hohen Frischdampfdruckes

[1]) ETZ 57 (1936) H. 15, S. 424. Siehe auch S. 758 dieses Heftes.

Digitized by Google

infolge der unterschiedlichen Ausnutzungsfaktoren und Brennstoffpreise keine starren, festen Regeln für den zweckmäßigsten Aufbau öffentlicher Werke aufgestellt werden können.

Mit der Frischdampftemperatur wird bis zu 500 ° gegangen. Bei so hoher Überhitzung werden zwischen den in zwei Hälften unterteilten Überhitzer meist Einspritz- oder Oberflächen-Temperaturregler eingebaut, teils um über einen weiten Lastbereich die volle Frischdampftemperatur erzielen zu können, teils um den Überhitzer und die Turbinen vor gefährlichen Übertemperaturen zu schützen.

Eine erfreuliche Entwicklung nahm an mehreren Stellen die Zusammenarbeit der öffentlichen Werke mit neu erstellten Anlagen der Großindustrie, welche dazu führte, daß sowohl die Stromversorgung als auch die Dampflieferung von den öffentlichen Werken übernommen wurde. Bei den Industriekraftwerken handelt es sich im wesentlichen um Heizkraftwerke zur gleichzeitigen Strom- und Dampflieferung. Neben zahlreichen kleinen Anlagen mit Leistungen bis zu 5000 kW und dementsprechend mittleren Drücken bis zu 40 atü wurden für die Großindustrie — insbesondere die chemische Industrie — Höchstdruckanlagen größerer Leistung ausgeführt, bei denen eine ganz klare Richtung zum Übergang auf Drücke von 80 bis 130 atü vorliegt.

Der Dampfkesselbau[2]) hat die bewährten Bauformen der Teilkammer- und Steilrohrkessel für Betriebsdrücke bis 130 at weiter entwickelt. Daneben haben für Höchstdruck der Löffler-Kessel[3]) und der La Mont-Kessel als Zwangsumlaufkessel, sowie der Benson-Kessel[4]) als Zwangsdurchlaufkessel Anwendung gefunden. Die Frage der Speisewasserversorgung[5]) und der Zusatzwasseraufbereitung hat für Höchstdruckkessel den Gegenstand zu eingehenden Forschungsarbeiten abgegeben. In Fällen größeren Zusatzwasserbedarfes hat der Dampfumformer[6]), der ein unbedingt einwandfreies Speisewasser gewährleistet, in zunehmendem Maße Eingang in die Praxis gefunden. Nach amerikanischen Riesenkesseln besteht in Deutschland kein Bedürfnis, Kessel mit 100 bis 150 t/h Dampferzeugung sind die oberste Grenze; in der Mehrzahl der Fälle reichen aber auch bei größeren Werken 40 bis 60 t/h-Kessel aus. Bei Drücken bis etwa 40 at werden gußeiserne Rippenrohrekonomiser, darüber Stahlekonomiser, die öfter als Verdampfungsekonomiser arbeiten, bevorzugt. Zuweilen trifft man auch eine Kombination von gußeisernen Rippenrohr- und Stahlekonomisern. Hinter die Ekonomiser werden vielfach Luftvorwärmer geschaltet, die die Verbrennungsluft bei Rostfeuerungen bis zu 175 °, bei Staubfeuerungen und Braunkohle bis zu 400 ° erwärmen.

Von Elektrizitätswerken seien vor allem die Hamburger Elektrizitätswerke und das Großkraftwerk Mannheim genannt, die kohlenstaubgefeuerte Kessel für 126 at und 95/120 t/h bzw. 108 at und 90/120 t/h Dampferzeugung aufgestellt haben; dazu kommen zahlreiche industrielle Werke, und zwar vorwiegend Werke der chemischen Industrie, in denen Kessel bis zu 130 at bestellt oder in Betrieb gesetzt worden sind. Insgesamt dürften zur Zeit etwa 40 bis 50 Kessel mit Drücken von mehr als 80 at in Deutschland im Bau und Betrieb sein.

Erwähnenswert ist noch, daß im allgemeinen Wert darauf gelegt wurde, besonders bei lebenswichtigen Industrieanlagen bezüglich der Brennstoffversorgung möglichst unabhängig von bestimmten Kohlesorten zu sein, wodurch bestimmte Anforderungen an die zu wählende Feuerung gestellt werden.

Die Krämer-Mühlenfeuerung[2]), die sich zunächst in Braunkohlenkraftwerken zur Verfeuerung des ungleich gekörnten Brennstoffes bewährt hatte, wird allmählich auch für Steinkohlenkraftwerke eingeführt. Sie ermöglicht hier eine günstige Verfeuerung der minderwertigen Brennstoffe, Schlamm und Grieß, und trägt durch Verwertung von Abfallkohle zur Erleichterung des Sortenproblems bei. Die Möglichkeit, bei Staubkohlenfeuerungen die Luftvorwärmung bis zu der durch das Material gegebenen Grenze heraufzusetzen, hat den Kesselwirkungsgrad in weiten Belastungsgrenzen verbessert. Auch die Verbrennung von Schwelkoks bereitet heute keine Schwierigkeit mehr, was den Bemühungen, Benzin und andere mineralische Öle aus einheimischen Brennstoffen zu gewinnen, sehr zustatten kommt. Eine Reihe zum Teil großer Kessel für die Verfeuerung von Schwelkoks ist im Bau. Bei Kesseln, die mit guter Steinkohle geheizt werden, herrscht nach wie vor der Unterwind - Zonen - Wanderrost vor, minderwertige Steinkohle wird in zunehmendem Maße in Staubfeuerungen verbrannt.

Der Dampfturbinenbau war im Berichtsjahr in lebhaftester Entwicklung und hat vor allem Fortschritte in Richtung größerer Einfachheit im Aufbau der Maschinen und in der Anwendung höherer Dampfdrücke und -temperaturen gemacht. Die meisten Turbinen wurden für industrielle Zwecke, und zwar als Entnahme- und Gegendruckmaschinen beschafft. Auch der Dampfturbinenmarkt bei den Elektrizitätswerken war sichtlich belebt. Hier wurden vorwiegend mittelgroße 3000tourige Maschinen bis zu 30 000 kW verlangt. Diese Kondensationsmaschinen werden sowohl eingehäusig, als auch mehrgehäusig in der bekannten Axialbauart oder als Gegenlaufturbinen Bauart „Ljungström“ ausgeführt. Von einem Elektrizitätswerk wurde ein Ljungström-Turbosatz von 50 000 kW/75 000 kVA bei 1500 U/min in Auftrag gegeben, der mit 75 000 kVA den bisher größten in Auftrag gegebenen Turbosatz dieser Bauart darstellt.

Für Industriekraftwerke sind im vergangenen Jahr eine größere Anzahl Höchstdruckturbinen in Bau und Betrieb genommen worden. Der Dampfteil dieser auf Gegendruck arbeitenden Maschinen ist sowohl in axialer Gleichdruck- oder Überdruckbauart, als auch in Einfach- oder Gegenlauf-Radialbauart vorgesehen. Auch für öffentliche Elektrizitätswerke sind Höchstdruckturbosätze als Vorschaltmaschinen in Bau.

Die Fortschritte der Werkstofftechnik haben für den Bau von Kesseln, Rohrleitungen und Turbinen für Höchstdruckanlagen mit hohen Überhitzungen die geeigneten wärmebeständigen Baustoffe geschaffen. Bei der Fertigung hat sich die Schweißung in erweitertem Umfang eingeführt und ersetzt im Rohrleitungs- und Apparatebau die Verwendung von Flanschverbindungen, die nur noch bei häufiger auszubauenden Teilen Anwendung finden.

Bei größeren Elektrizitätswerken werden mit Vorliebe Schornsteine von 80 bis 100 m Höhe aus Eisenbeton oder Mauerwerk in Verbindung mit Zugverstärkungsanlagen aufgestellt. Entstaubungsvorrichtungen für die Rauchgase werden zunehmend benutzt, bei größeren Werken und bei Kohlenstaubfeuerungen scheinen sich mehr Elektrofilter, bei kleineren Werken und bei Rostfeuerungen mehr Zyklonentstauber durchzusetzen.

Die Richtung im vergangenen Jahre kann also kurz gekennzeichnet werden durch weitere Vereinfachung und Vervollkommnung normaler Kessel mit natürlichem Wasserumlauf, durch Einführung und Vervollkommnung von Zwanglaufkesseln, durch weitgehenden Gebrauch stark gekühlter Feuerräume, Anwendung hoch vorgewärmter Verbrennungsluft und besonders bei großen mit Rohbraunkohle geheizten Kesseln durch verstärkte Anwendung von Kohlenstaubfeuerungen, bei denen Mühle und Feuerraum eng zusammengebaut sind. Hierdurch wird nicht nur ein billiger Gesamtaufbau erzielt, sondern auch eine einfache und vorzügliche Verbrennung sehr feuchter Rohbraunkohle erreicht.

Wasserkraftwerke.

Auch der Wasserkraftwerksbau[7])[8]) hat im Berichtsjahr erhöhte Beachtung gefunden, was einmal auf die Be-

[2]) Wärme 58 (1935) S. 797.
[3]) ETZ 56 (1935) S. 38.
[4]) Techn. Mitt. Essen 28 (1935) S. 357. Wärme 58 (1935) S. 760.
[5]) ETZ 56 (1935) S. 379. Z. VDI 79 (1935) S. 339.
[6]) Arch. Wärmewirtsch. 17 (1936) S. 95.
[7]) ETZ 56 (1935) S. 38.
[8]) ETZ 56 (1935) S. 876.

Digitized by Google

lebung der Gesamtwirtschaft, dann aber auch auf die Auflockerungsbestrebungen der Elektrizitätswirtschaft zurückzuführen ist. Neben der Erweiterung vorhandener kleinerer Anlagen wurde bereits mit dem Bau mehrerer kleinerer und größerer Wasserkraftwerke begonnen[9]) und die Vorarbeiten für eine ganze Reihe neuer Pläne in Angriff genommen.

Die Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre auf dem Gebiet der Kaplan-Turbine haben heute ihre Verwendung in einem erweiterten Gefällsbereich möglich gemacht. Hierdurch konnten die Vorteile dieser Turbinenbauart, hohe spezifische Drehzahl, geringer Einfluß der Gefälleschwankungen auf das Schluckvermögen, guter Wirkungsgrad bei Teillasten, auch bei solchen Wasserkraftanlagen ausgenutzt werden, die bisher der Francis-Turbine vorbehalten waren. Bei Verwendung der Kaplan-Turbine, die geringere Verluste hat und auch bei großen Einheitsleistungen mit hohen Drehzahlen ausführbar ist, können heute Anlagen mit besserem Gesamtwirkungsgrad und bei vermindertem Kostenaufwand errichtet werden.

[9]) ETZ 57 (1936) H 25, S. 699.

Schlußbemerkungen.

Aus den Richtlinien des Energiewirtschaftsgesetzes[10]), Sicherheit der Elektrizitätsversorgung und billige Belieferung aller Abnehmergruppen, sind auch dem Kraftwerksbau neue Aufgaben erwachsen. Die in den letzten Jahren im Kraftwerkbau erzielten Fortschritte haben die Voraussetzungen geschaffen, um diese Forderungen der Energieversorgungswirtschaft zu erfüllen.

[10]) ETZ 57 (1936) H. 1, S. 21.

Elektrische Maschinen und Transformatoren.

321. 313 + 621. 314. 2

Allgemeines.

Die Entwicklung des Elektromaschinenbaues ist wie bisher gekennzeichnet durch das Bestreben, die wirksamen Baustoffe möglichst gut auszunutzen mit dem Ziele einer weiteren Gewichts- und Baukostenersparnis bei gleichzeitiger Verbesserung der Betriebseigenschaften und Erweiterung der Verwendungsmöglichkeiten. Dahin gehört auch das Streben nach einer Verminderung der Geräuschbildung[1]), das neue Bauformen ergab, und nach einer Heraufsetzung der zulässigen Grenzerwärmungen der Wicklungen, das zu neuen Werkstoffen und Isolierverfahren geführt hat. Beachtlich ist ein Verfahren, das insbesondere für Serienherstellung von Kleinmaschinen geeignet ist, bei dem die Wicklung aus textillosem Emailledraht nachträglich unter hohem Druck mit einer plastischen Masse auch innerhalb der Nuten umpreßt wird, so daß sämtliche Lufträume mit Masse ausgefüllt sind, und eine mechanisch feste, gut wärmeleitende Wicklung entsteht. Von Bedeutung ist, daß dabei Baumwolle und Seide durch einheimische Isolierstoffe ersetzt worden sind. Zu den verschiedenen Maschinenarten ist folgendes zu berichten.

Drehstrommaschinen.

An beachtenswerten großen Wasserkraftgeneratoren mit senkrechter Welle wurden für das Kraftwerk Deichow[2]) 2 Maschinen geliefert für 27 500 kVA, 10 500 V, 187 U/min + 143 %, 50 Hz, für Finnland 4 für je 34 000 kVA, 11 000 V, 100 U/min + 165 % und mehrere für die Kraftwerke Hafslund und Kykkelrud mit 9000 kVA, 5000 V und 150 U/min + 85 %. Bei den angeführten Generatoren ist eine Gitterstabwicklung mit zwei Stäben je Nut für besonders niedrige Zusatzverluste benutzt worden. Neu ist der Zusammenbau von Generatoren mit Wasserturbinen mit ungeteilter gemeinsamer Welle für Polrad und Turbinenlaufrad und die Ausbildung solcher Generatoren für Freiluftaufstellung. Von Turbogeneratoren sind zwei Ljungströmsätze erwähnenswert: der eine für 75 000 kVA bei 1500 U/min und 6600 V, der andere für 42 500 kVA bei 3000 U/min und 6300 V, die sich zur Zeit im Bau befinden. Neben großen Drehstrom-Asynchronmotoren mit Wirbelstromläufern für unmittelbares Schalten, die als Langsamläufer bis 1875 kW bei 107 bis 125 U/min und 5000 V, als Schnelläufer für 2400 kW bei 1492 U/min und 6000 V bei 3,8fachem Anlaufstrom geliefert worden sind, wurden für bestimmte Antriebe auch große Synchronmotoren für unmittelbares Schalten und asynchronen Anlauf gebaut. So wurden Motoren für 2300 kW bei 125 U/min und 6000 V bei dreifachem Anlaufstrom für den Antrieb von Kolbenverdichtern, und solche für 2900 kW bei 1000 U/min und 11 000 V für Stern-Dreieck-Anlauf zum Antrieb von Kreiselverdichtern geliefert.

Mantelgekühlte Motoren sind für immer größere Leistungen entwickelt worden. So wurde im Berichtsjahr eine Type geschaffen für 250 kW bei 990 U/min und 6000 V (Abb. 1). Die Entwicklung der Drehstrom-Kommutatormotoren hinsichtlich der Beherrschung der Kommutierung hat weiter Fortschritte gemacht, so daß Nebenschlußmotoren für 100 kW bei 1500 U/min regelbar bis 500 U/min mit gutem Vollastwirkungsgrad (0,88) und Leistungsfaktor (0,98) gebaut werden konnten. Bei einer Erweiterung des Regelbereiches, z. B. von 1200 auf 200 U/min, werden fremdangetriebene Lüfter eingebaut, die unabhängig von der Drehzahl des Hauptmotors für gute Kühlung sorgen. Ein Drehstrom-Nebenschluß-Kollektormotor, mit dauernd feststehenden Bürsten und Regelung mit Hilfe eines Doppeldrehreglers, für eine Leistung von 350 kW bei 640/320 U/min, dürfte der bisher größte ausgeführte Motor dieser Art sein. — Für den Antrieb von Holzbearbeitungsmaschinen ist ein Drehstrom-Nebenschlußmotor für 2,2 kW und 4600 U/min entwickelt worden.

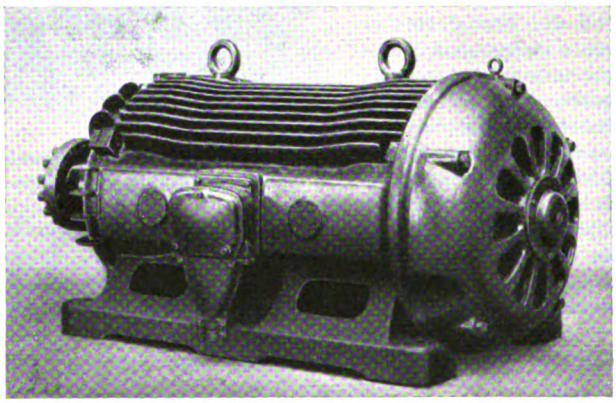


Abb. 1. Mantelgekühlter Drehstrommotor für 250 kW, 6000 V, 990 U/min.

Gleichstrommaschinen.

Bei kleinen geschlossenen Gleichstrommotoren konnte durch wirksame Oberflächenkühlung eine weitere wesentliche Erhöhung der Leistung erzielt werden. Bei Gleichstrom-Bahnmotoren konnte das Gewicht je kW und Umdrehung durch Verbesserung der Kommutierung und Lüftung sowie durch Anwendung geschweißter Bauformen weiter herabgesetzt werden. Von großen Gleichstrommaschinen, die im Berichtsjahr gebaut worden sind, seien erwähnt: ein Steuergenerator für ein Walzwerk für 9200 kW höchster Ausschaltleistung bei 470 U/min, ± 770 V,

[1]) H. Lund, VDE-Fachberichte 1935, S. 101.
[2]) ETZ 57 (1936) H. 25, S. 699.

Digitized by Google

und zwei Umkehrwalzmotoren für 14 800 kW Höchstleistung, ein Motor für 0 bis ± 90/180 U/min, der andere für 0 bis ± 60/120 U/min. Beachtlich ist ein zum Antrieb eines Grubenlüfters dienender Gleichstrom-Nebenschlußmotor von 960 kW bei 550 V und 293 U/min, der durch einen Eisengleichrichter mit Gittersteuerung verlustlos um 80 % nach unten geregelt werden kann und wohl zur Zeit der größte Gleichstrommotor ist, der durch gittergesteuerten Stromrichter gespeist und gesteuert wird.

Transformatoren.

Zu der bisher erstrebten Kurzschlußsicherheit und der bis zur Gewittersicherheit gesteigerten Spannungssicherheit tritt neuerdings mit letzterer zusammenhängend die Schwingungsfreiheit der Wicklungen als Kennzeichen für die Entwicklung im Transformatorenbau. Ebenso ist die Regelbarkeit von Transformatoren weiter entwickelt worden. So werden zur Konstalthaltung bzw. stetigen Spannungsregelung in Niederspannungsnetzen Transformatoren gebaut, bei denen ein Schleifkontakt auf einer blanken Flachspule schleift. Für die Regelung der Spannung in ausgedehnten Netzen sind die Transformatoren in steigendem Maße mit unter Last schaltbaren Stufen ausgerüstet worden. Unter anderem ist bei einem 60 000 kVA-Transformator der Regelbereich mit ± 20 % der Nennspannung in 24 Stufen ausgeführt worden. Die Regeleinrichtungen werden bis 1000 A gebaut. Transformatoren mit Ölselbstkühlung an Stelle solcher mit Ölumlaufkühlung sind bis 30 000 kVA mit Röhrenkesseln entwickelt worden, darüber hinaus mit angebauten Radiatoren, die für die Beförderung abgenommen werden können. Wie beim Hochspannungsschalter macht sich auch beim Transformator das Streben bemerkbar, das Öl als Kühl- und Isoliermittel auszuschalten und luftgekühlte Trockentransformatoren zu bauen. Für mittlere Leistungen und Spannungen ist eine Bauart entwickelt worden, bei der einlagige Wicklungen auf konzentrischen Zylindern verwendet werden, zwischen denen die Kühlluft hindurchstreicht, eine Bauart, die sich bisher schon bei Prüftransformatoren bewährt hat (Abb. 2). Bemerkenswert sind Großtransformatoren bis zu einer Leistung von 30 000 kVA bei 110 kV mit Röhrenkühlung, Ölausdehnungsgefäß, angebautem Regelschalter und schrägen Hochspannungsdurchführungen an der Stirnseite des Kessels, die vollständig betriebsfertig auf Tiefladewagen auf der Bahn oder Landstraße verfahrbar sind, so daß an Ort und Stelle Zeit und Kosten für die Fertigmontage gespart werden.

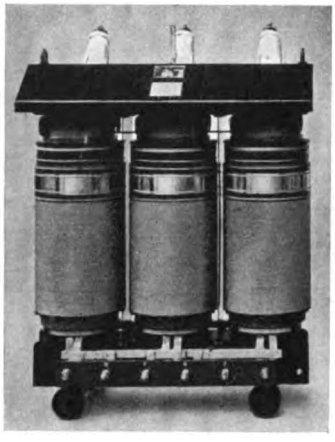


Abb. 2. Luftgekühlter Trockentransformator mit einlagigen Wicklungen.

Verschiedenes.

Für die Prüfung von Flugmotoren wurden schnellaufende Gleichstrom-Pendelgeneratoren gebaut. Beachtlich sind eine Doppelpendelmaschine für 200 bis 3300 U/min, höchste Bremsleistung 440 kW je Maschine bei 460 V mit Anbaumöglichkeit für eine dritte Maschine, und ein Pendelgenerator für 0 bis 3000 kW bei 525 V mit Anbaumöglichkeit für eine zweite Maschine. — Bei dem Bau von Gleichstrom-Schweißumformern wurden Fortschritte einerseits hinsichtlich der Lüftung, anderseits hinsichtlich der Betriebssicherheit und der Vereinfachung der Bedienung erzielt. Für die Speisung eisenloser Induktionsöfen, deren Entwicklung schnell fortschreitet, wurden u. a. ein Hochfrequenzgenerator von 111 kVA bei 10 000 Hz, 500 V, 3000 U/min, und ein anderer von 1400 kVA bei 600 Hz geliefert.

Der turboelektrische Schiffsantrieb hat sich bewährt. Im Bau befindet sich eine dieselelektrische Drehstrom-Synchronanlage für ein Einschraubenschiff, Antriebsleistung etwa 5000 kW, mit mehreren Generatoren, die im Bedarfsfalle im Betriebe ohne besondere Synchronisiervorrichtungen parallel geschaltet werden.

Stromrichter.

621. 314. 6

Das Jahr 1935 brachte im Stromrichterbau keine grundsätzlichen Neuerungen, sondern eine stetige Weiterentwicklung der zahlreichen Arbeiten aus den letzten Jahren und deren Einführung in den praktischen Betrieb.

Bei den Hochstromgleichrichtern konnte die Leistung weiter gesteigert werden bis auf 5000 kW je Gefäß und eine Stromstärke von 6500 A, womit den zur Zeit vorliegenden Bedürfnissen genügt werden kann.

Die Versuche mit Hochspannungsgleichrichtern wurden erfolgreich fortgesetzt und brachten eine Erhöhung der Gleichspannung auf 60 000 V je Gefäß. Bemerkenswert ist die erstmalige Verwirklichung einer Gleichstrom-Hochspannungsübertragung, bei der im Versuchsraum ein Hochspannungswechselrichter die von einem Gleichrichtergefäß erzeugte Leistung in das Wechselstromnetz zurücklieferte[1]). Die Leistung war 1200 kW bei 50 kV Gleichspannung. Für Sendeanlagen wurde ein Kleingleichrichter mit Eisengefäß entwickelt, der in größerem Umfange eingeführt werden konnte. Die Leistung beträgt 15 A bei 13 kV. Seine Verluste sind so gering, daß auf eine künstliche Kühlung des Gefäßes verzichtet werden kann. Die kleinsten Abmessungen des Gleichrichtergefäßes sind hier bereits durch die Isolation der Anodendurchführungen gegeneinander bedingt. Für größere Sender genügen die vorhandenen Gleichrichtertypen allen in nächster Zeit zu erwartenden Ansprüchen hinsichtlich Leistung und Spannung.

Kleingleichrichter mit Eisengefäß für eine Stromstärke von 500 A wurden konstruktiv vereinfacht. Um von der Wasserkühlung freizukommen, erhalten sie Kühlrippen, die durch einen Lüfter angeblasen werden. Der Lüfter befindet sich im allgemeinen ähnlich wie bei dem Glasgleichrichter unterhalb der Kathode. Die Kühlluft streicht längs Führungswänden am Gleichrichtergefäß entlang. Entsprechend wurde für die Vakuumhaltung eine luftgekühlte Hochvakuumpumpe entwickelt. Diese neuen Gleichrichter haben eine kleine Lichtbogenspannung und bieten deshalb besonders für Lichtnetze niedriger Spannung Vorteile. Sie werden zusammen mit den zugehörigen Schaltgeräten in einen Schaltschrank eingebaut, so daß die Einfachheit von Glasgleichrichteranlagen erreicht wird.

Gittersteuerung und Schutzeinrichtungen. Die Spannungsregelung durch Gittersteuerung hat sich allgemein eingeführt, so daß fast alle Typen mit Steuergittern geliefert werden. Die Entwicklung der Steuergeräte wurde weiter fortgesetzt. Selbsttätige Regeleinrichungen mit Gittersteuerung arbeiten einfach und zuverlässig und finden immer mehr Eingang. Zur Verbesserung des Leistungsfaktors in gittergesteuerten An-

[1]) BBC-Nachr. 22 (1935) S. 20.

Digitized by Google

lagen fanden auch Blindleistungskondensatoren Anwendung. Sie bieten Vorteile in Anlagen kleiner Leistung, wo die $\cos\varphi$-Regelung durch Laststufenschalter zu teuer und umständlich ist. Der Einbau von Kondensatoren erfordert jedoch eine Prüfung der Resonanzlage des Netzes und der Oberwellenbelastung. Die diesbezüglichen Fragen wurden untersucht und Abhilfemaßnahmen für Sonderfälle angegeben. Der Kurzschluß- und Rückzündungsschutz durch Gittersteuerung wird außer in großen Anlagen, wo er unentbehrlich ist, auch in vielen kleinen Anlagen eingebaut, weil er die Überstromautomaten entlastet und einen ausgezeichneten Schutz der Anlage und Verbraucher gewährleistet. In vielen Fällen wird er mit selbsttätiger Wiedereinschaltung und Hochregelung des Netzes kombiniert.

Bei den Anwendungsgebieten stand auch dieses Jahr die Stromversorgung von Elektrolysen im Vordergrund des Interesses. Die Steigerung der Stromstärken für Bäder und Öfen führte zur Parallelschaltung mehrerer Gleichrichtergruppen (bis 44 000 A bei 600 V). Besondere Erwähnung verdienen für Übersee gelieferte Gleichrichter, wie z. B. ein 6000 A-Gleichrichter für Japan. Teilweise wurden wieder Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors parallel zu den Stromrichteranlagen vorgesehen; in einem bestimmten Fall sogar eine Hochspannungs-Kondensatorbatterie von über 5000 kVA. Die bei solchen Anlagen auftretenden Kurzschlußströme können mit Hilfe der Gittersteuerung beherrscht werden. Rückwirkungen auf das Drehstromnetz können am einfachsten und wirtschaftlichsten dadurch vermindert werden, daß die sechsphasig ausgeführten Einzelgleichrichter zu zwölfphasigen Gruppen zusammengefaßt werden. Die selbsttätige Stromregelung durch Gittersteuerung wurde in vielen Anlagen mit Erfolg angewendet und bietet besonders in Aluminiumelektrolysen Vorteile durch eine bisher unerreichte Gleichmäßigkeit der Erzeugung. Besonders günstige Ergebnisse hinsichtlich der Einhaltung der gewünschten Regelforderung konnten erzielt werden, wenn selbst in dem ohnehin kleinen Gitterkreis noch alle mechanischen oder magnetischen Trägheiten vermieden werden, wie dies beispielsweise bei der Steuerung mittels Gitterdrehregler der Fall ist. Hier ändert sich der Zündeinsatz und damit die Gleichspannung unmittelbar und ohne jede Verzögerung mit der Stellung des Steuergliedes. Für die gleichzeitige Regelung mehrerer parallel arbeitender Gleichrichter dienen sogenannte Summendrehregler, mit denen die Phase der Primärspannung sämtlicher Drehregler der einzelnen Gefäße verschoben wird. Unabhängig von dieser gemeinsamen Regelung erhält jeder Gleichrichter seinen eigenen Regler, mit deren Hilfe die Lastverteilung auf die Einzelgefäße beliebig gesteuert werden kann.

Hochspannungsgleichrichter für Sendeanlagen wurden in größerer Zahl geliefert. Bemerkenswert ist eine Anlage zur Speisung von vier Kurzwellensendern, die mit sechs Gleichrichtern für 12 000 V und sechs weiteren Gefäßen für 6500/9000 V ausgerüstet ist.

Im Berichtsjahr kam bei der Deutschen Reichsbahn eine weitere Umrichteranlage in den Versuchsbetrieb. Diese Anlage kuppelt ein 110 kV-Drehstromnetz von 50 Hz mit einem Einphasen-Bahnnetz von 110 kV und 16⅔ Hz. Sie arbeitet nach einem neuen System, bei dem die Leistungspulsationen des Einphasennetzes nicht auf das Drehstromnetz übertragen werden, so daß dieses symmetrisch ohne zusätzliche Stromverzerrungen belastet wird. Da das Drehstromnetz auch für die Blindstromlieferung an das Einphasennetz nicht herangezogen wird, arbeitet der Umrichter mit hohem Leistungsfaktor. Die Kupplung der beiden Netze ist vollkommen elastisch.

Der Umrichter Wiesental hat im praktischen Betrieb gezeigt, daß er selbst unter erschwerter Belastung den harten Bedingungen des Bahnbetriebs gewachsen ist und den Drehstrombetrieb, von dem er gespeist wird, nicht beeinträchtigt. Nachdem auch die Maßnahmen zur Unterdrückung der schwachstromseitig störenden Oberwellen, die erst nach Aufnahme des Betriebs in Angriff genommen werden konnten, sich als erfolgreich erwiesen, wird der Umrichter nunmehr dem Dauerbetrieb übergeben.

Auch die im Saalachkraftwerk eingerichtete unmittelbare und ohne Kondensatoren arbeitende Versuchsumrichteranlage hat voll befriedigt. Der Verwendung der Umrichter für diese Zwecke steht jedoch noch die Leistungsfaktorfrage bis zu einem gewissen Grad hindernd im Wege, so daß sich heute noch kein abschließendes Urteil über die wirtschaftliche Seite einer solchen Anlage aussprechen läßt.

Für die Elektrisierung der Höllentalbahn mit Einphasenstrom von 50 Hz wurde von der deutschen Reichsbahn neben anderen Systemen auch eine Gleichrichterlokomotive in Auftrag gegeben, die im Berichtsjahre abgeliefert wurde und ihren Versuchsbetrieb in Kürze aufnehmen wird. Bei Gleichstrombahnen wurde die Nutzbremsung mit Wechselrichtern mit vollem Erfolg aufgenommen. Bewährt hat sich auch die selbsttätige Umschaltung eines Gefäßes von Wechselrichter- auf Gleichrichterbetrieb und umgekehrt in Abhängigkeit von den Lastverhältnissen zur Spitzendeckung in beiden Energierichtungen.

Die Speisung und Regelung von Gleichstrommotoren durch gittergesteuerte Gleichrichter findet in immer stärkerem Maße Anwendung, besonders dann, wenn ein großer Regelbereich und große Genauigkeit in der Einhaltung der gestellten Drehzahl gefordert werden. Vielfach kann dabei dem gleichen Gefäß die ungesteuerte Spannung für das Motorfeld und die zwischen Null- und Höchstspannung regelbare Ankerspannung entnommen werden. Besondere Anlaßeinrichtungen kommen in Wegfall, da Anlassen und Regeln von demselben Steuerorgan der Gittersteuerung vorgenommen werden. Hauptanwendungsgebiete sind die Speisung und Regelung von Walzenstraßenantrieben, Lüfter- und Pumpenmotoren, Papiermaschinen- und Werkzeugmaschinenantrieben, wobei die beiden letzteren mit kleinen Leistungen insbesondere dem Glasgleichrichter zufallen. Die Genauigkeit und Schnelligkeit der Regelung durch Gittersteuerung gestattet auch, in einfacher Weise Gleichlaufsteuerungen auszuführen. Die Motoren können gemeinsam angelassen und auch einzeln auf verschiedene Drehzahlen geregelt werden.

Für Umkehrstromrichter, die in erster Linie als Ersatz der Leonardmaschinensätze gedacht sind und, wie z. B. bei Fördermaschinen, Umkehrwalzenstraßen u. dgl., häufigen Richtungswechsel und Abbremsen des Motors erfordern, wurden im letzten Jahre wichtige Entwicklungsarbeiten geleistet und Erfahrungen an Probeausführungen gewonnen. So konnte der erste Fördermaschinenantrieb für rd. 2000 kW Leistung erstellt werden; er hat sich bis jetzt im Dauerbetrieb gut bewährt. Ebenso sind mehrere große Anlagen für verschiedene Walzwerke zur Steuerung dieser Walzwerke über Gleichrichter im Bau begriffen.

Auf dem Gebiet der kleineren Stromrichter hat die Glühkathode eine erhöhte Bedeutung gewonnen durch die Entwicklung von Kurzzeitschaltern und -steuerungen. Diese Steuerungen, wozu gesteuerte Glühkathodenstromrichter verwendet werden, werden benötigt für die heute äußerst wichtige Steuerung für Punkt- und Nahtschweißmaschinen, insbesondere für die schwer schweißbaren Metalle, wie Aluminium und dessen Legierungen. Die normale Punkt- und Nahtschweißung wird dadurch erweitert, daß nicht nur die Schweißzeit, sondern in dieser Zeit auch der Verlauf des Schweißstromes nach vorgeschriebenem Plan geregelt wird.

Eine weitere Bedeutung scheint der gesteuerte Glühkathodenstromrichter neuerlich durch eine wichtige Anwendung bei der Überwachung von Leitungen auf Erdschlüsse zu finden. Mit Hilfe dieser Stromrichterschaltungen ist es möglich, bei Erdschlüssen von einer Dauer bis

Digitized by Google

zu $^1/_{5000}$ s die Richtung des anfänglichen Stromstoßes, unabhängig von den späteren Stromverhältnissen, sicher aufzuzeichnen. Hierauf lassen sich Verfahren aufbauen, die bereits an verschiedenen Leitungsnetzen verwendet wurden.

Glühkathoden-Stromtore sind weiterhin verschiedentlich in den Kurzschluß-Abschaltvorrichtungen für Großgleichrichter verwendet worden.

Für die im vorstehenden genannten neuen Entwicklungen kommen Glühkathoden-Stromrichter kleineren Ausmaßes für wenige Ampere in Betracht. Neben ihnen beginnt aber auch der Glühkathoden-Stromrichter für größere Stromstärken, im einzelnen bis zu 50 A, an Bedeutung zu gewinnen, z. B. für den Ersatz von Schweißumformern durch ungesteuerte Glühkathoden-Stromrichter. Solche sind auch bereits in leicht tragbaren Ausführungen entwickelt worden.

Wichtig für den Stromrichter scheint ferner die Stromversorgung von Bogenlampen, insbesondere für Kinoprojektionslampen, zu werden. Hier wird der ungesteuerte Stromrichter verwendet. Gegenüber den umlaufenden Umformern liegt der Vorteil hier in dem ruhenden geräuschlosen Gerät, in einer größeren Wirtschaftlichkeit, den Lichtbogen mittels Primärdrossel im Wechselstromkreis oder Anodendrossel zu stabilisieren.

In gleicher Weise entwickelt sich für den gesteuerten Stromrichter ein Anwendungsgebiet in der Bühnenbeleuchtung. Die bequeme und leistungsarme Regelmöglichkeit kann hier besonders gut ausgenutzt werden, wenn es sich darum handelt, die Bühnenbeleuchtung aus dem Zuschauerraum heraus zu regeln.

Um alle diese Aufgaben zu erfüllen, hat man zwar die grundsätzliche Einrichtung der Glühkathoden-Stromrichter nicht wesentlich mehr geändert, aber man hat sie technisch bedeutend vervollkommnet. Hierbei sind neben den für diese Geräte meistens gebräuchlichen einanodigen Stromrichtergefäßen auch solche für zwei- und dreianodige in einem Gefäß entwickelt worden, auch wieder für den Strombereich von 30 bis 60 A bei einer Durchschnittsspannung von 200 V Gleichspannung. Darüber hinaus sind aber auch gesteuerte Glühkathoden-Stromrichter für höhere Spannungen, und zwar für 15 bis 20 kV und bei ungesteuerten Stromrichtern sogar für 20 bis 30 kV entwickelt worden; derartige gesteuerte Röhren befinden sich bereits zur Stromversorgung für Sender im praktischen Betrieb[2]).

Die vorstehend genannten Glühkathoden-Stromrichter, die als Steuergefäße arbeiten, kommen vielfach zusammen mit Stromrichteranlagen, die gesteuerte Glasgefäße mit Quecksilberkathoden enthalten, auf dem Gebiet der Punkt- und Nahtschweißung zur Verwendung. Die Entwicklung auf diesem Gebiet ist vielversprechend.

[2]) ETZ 57 (1936) H. 12, S. 333.

Schaltanlagen und Schalteinrichtungen.

621. 316. 26 : 621. 316. 5. 067

Der im vergangenen Berichtsjahr weiter gestiegene Strombedarf der öffentlichen Wirtschaft und der Industrie ermöglichte auch auf dem Schaltanlagengebiet Anlagenerweiterungen sowie die Erstellung von Neuanlagen zum Teil recht erheblichen Umfanges. Die infolge neuer Netzzusammenschlüsse und Aufstellung von neuen Erzeugungsanlagen weiter gestiegene Schaltleistung führte bei einem großen Teil der vorerwähnten Anlagen zu Aufbauformen für sehr hohe Kurzschlußbeanspruchungen. Außerdem gab es auch häufig Anlagen zu erstellen, bei denen die Fortleitung und die Verteilung sehr großer Stromstärken neue Aufgaben stellte. Die Eigenart der Herstellungsvorgänge in den neuen Betrieben der Rohstoffwirtschaft verlangte von den neuen Schaltanlagen allerhöchste Betriebssicherheit. In diesem Zusammenhang sei nur kurz an die wichtigen Anlagen wie Elektrolyse u. ä. erinnert. Die dort gestellten Forderungen nach höchster Betriebssicherheit blieben nicht ohne Rückwirkung auf die Schaltbildgestaltung und führten zur Anordnung von Mehrfach- oder Hilfssammelschienen sowie umfangreichen Umschalt- und Verriegelungseinrichtungen u. dgl.

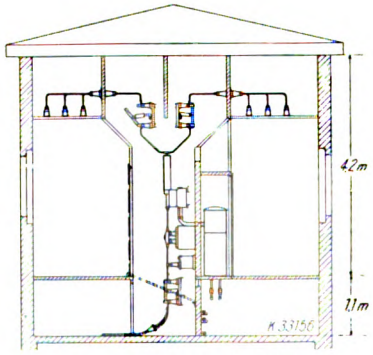


Abb. 1. Schnitt durch eine $1^1/_2$stöckige Schaltanlage.

Die Jahre nach der Schaffung ölloser und ölarmer Schaltgeräte, Wandler und Endverschlüsse standen deutlich im Zeichen der Entwicklung von neuen, diesen Geräten angepaßten Schaltanlagenbauweisen. Im letzten Berichtsjahr dagegen verlief die Entwicklung wesentlich ruhiger, und die Konstrukteure befaßten sich in erster Linie mit weiteren konstruktiven Verbesserungen. Die Anlagen wurden dadurch noch einfacher, übersichtlicher und wirtschaftlicher. Im Aufbau der Innenraumanlagen bis 30 kV kann man deutlich eine weitgehende Übereinstimmung der von den verschiedensten Verbrauchern und Fachfirmen erstellten Anlagen erkennen.

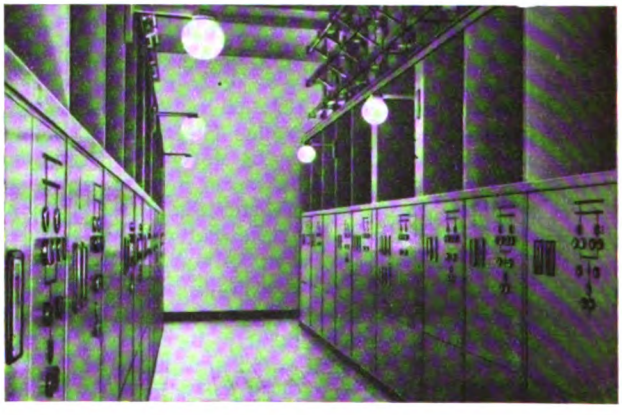


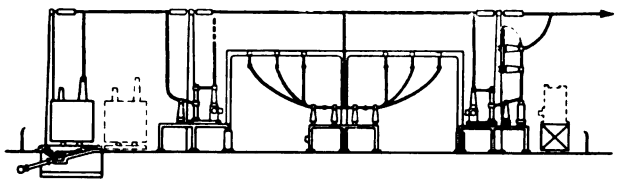
Abb. 2. Bedienungsgang.

Falls keine Reaktanzspulen in der Hochspannungsanlage untergebracht werden müssen, werden heute die meisten derartigen Hochspannungs-Schaltanlagen einstöckig ausgeführt. Bei diesen Anordnungen sind die Hochspannungs-Schaltgeräte innerhalb der Hochspannungszellen verhältnismäßig dicht zusammengebaut. Eine Anordnung, die einen übersichtlichen und nicht zu dicht gedrängten Schnitt ergibt, ist in der Abb. 1 dargestellt. Es handelt sich um eine Schaltanlage, für deren Aufbau 1½ Stockwerke zur Verfügung stehen. Bei dieser Lösung befindet sich der Trennschalter des ankommenden Kabels in einem etwa 1,5 m hohen Raum unterhalb des Fußbodens der eigentlichen Schaltanlage. Auf diese Weise kann man leicht erreichen, daß die Zelle des Leistungsschalters vollkommen spannungslos gemacht wird, indem die Sammel-

Digitized by Google

schienen-Trennschalter und der Trennschalter im ankommenden Kabel ausgeschaltet werden. In Anlagen, in denen der für einen Querschnitt nach Abb. 1 nötige Raum zur Verfügung steht, ergibt dieser Aufbau eine sehr übersichtliche und betriebssichere Anordnung.

Die auf Grund umfangreicher Versuche und ausgewerteter Betriebserfahrungen gewonnenen Erkenntnisse der Notwendigkeit fester Zellentrennwände und bei den hochbeanspruchten und wichtigen Anlagen der Einbau von Lichtbogenschutzdecken zwischen Trennschalter und Sammelschiene sind beim heutigen Schaltanlagenbau Allgemeingut geworden. Auch bezüglich der Ausbildung völlig geschlossener Bedienungswände vor den Hochspannungszellen sowie der übersichtlichen Zusammenfassung der Antriebsglieder aller zu einem Abzweig gehörenden Schaltgeräte zwecks möglichster Vermeidung von Fehlschaltungen läßt sich weitgehende Übereinstimmung feststellen (Abb. 2). Bei besonders wichtigen Anlagen wurde häufig von der einfachen gegenseitigen Verriegelungsmöglichkeit druckluftgetriebener Schaltgeräte Gebrauch gemacht.



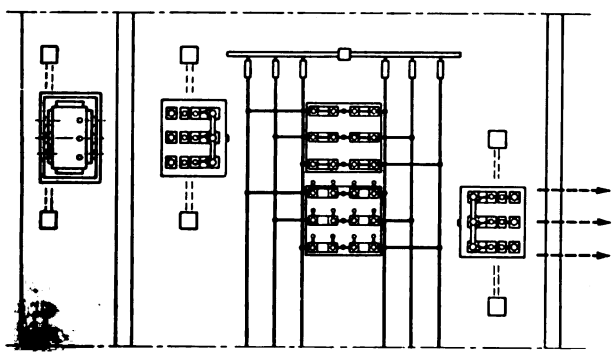


Abb. 3. Freiluftanlage, 100 kV.

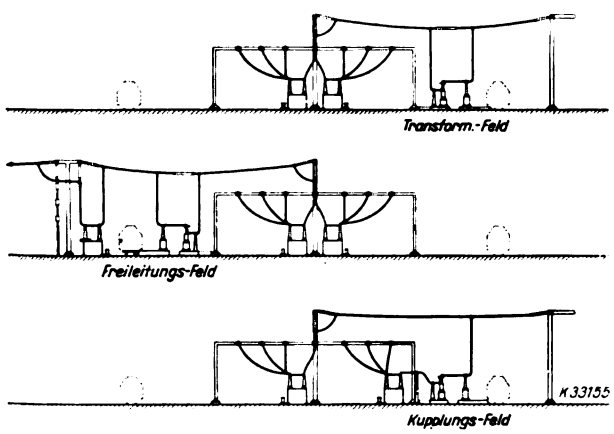


Abb. 4. Schnitte durch eine 220 kV-Freiluftanlage.

Für die Verriegelung von Hochspannungs-Schaltanlagen wurden überhaupt außerordentlich einfache Lösungen entwickelt, so daß die Frage, ob eine neuzeitliche Hochspannungs-Schaltanlage mit Trennschalterverriegelungen ausgeführt werden soll oder nicht, in vielen Fällen von neuem geprüft werden sollte. Früher hatte man gegen die Verriegelungen der Hochspannungs-Trennschalter von Schaltanlagen das begründete Bedenken, daß durch die Einführung dieser Verriegelung der Gesamtaufbau unerwünscht verwickelt würde.

Auf dem Gebiet der Anlagen über 30 kV findet man für Freiluftausführung nur noch diejenige Flachbauform, bei welcher die spannungführenden Teile der Schaltgeräte sich ungefähr 2 m über dem Erdboden befinden und bei denen keinerlei Schaltgeräte mehr an Gerüstkonstruktionen befestigt werden, deren Zugänglichkeit erst durch besondere Laufstege und ähnliche Hilfsmittel erreicht wird. Diese Flachbauweise (vgl. Abb. 3 u. 4) in Verbindung mit Tragkonstruktionen aus Vollwandträgern statt der früheren Gitterträger ergibt Anlagen höchster Übersichtlichkeit und größter Wirtschaftlichkeit mit einfachsten Bauelementen.

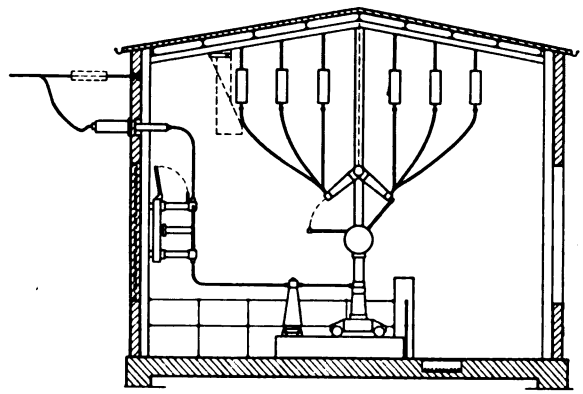


Abb. 5. Innenraum-Schaltanlage, 100 kV.

Während früher für Schaltanlagen über 30 kV fast so gut wie immer Freiluftausführung gewählt wurde, kann man mit den heute zur Verfügung stehenden öllosen und ölarmen Schaltgeräten in all den Fällen, wo die Erstellung von Freiluftanlagen mit Schwierigkeiten verbunden ist, zur Innenraumbauweise übergehen, ohne deshalb die Wirtschaftlichkeit der Anlage wesentlich zu beeinträchtigen. Man hat hiervon im vergangenen Berichtsjahr für Anlagen von 40, 60 und 100 kV mehrfach Gebrauch gemacht, und zwar vor allem in Gegenden mit besonders starken Luftverunreinigungen mechanischer oder chemischer Art sowie in Gegenden mit besonders schwierigen Witterungsverhältnissen. Hier hätte die Erstellung von Freiluftanlagen die Wahl einer wesentlich höheren Isolation erforderlich gemacht, als dies bei den erstellten Innenraumanlagen erforderlich wurde. Die mit der Bauweise nach Abb. 5 gemachten Erfahrungen entsprachen durchaus den Erwartungen.

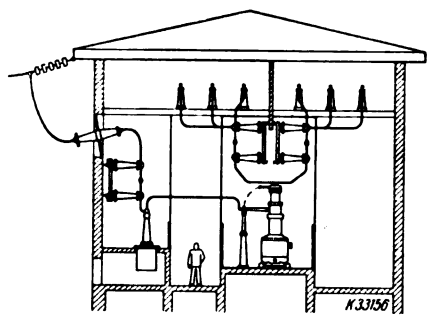


Abb. 6. Schnitt durch eine 100 kV-Innenraum-Schaltanlage.

Einen Schnitt durch eine andere 100 kV-Innenschaltanlage, deren Geräte von zwei Bedienungsgängen aus zugänglich sind und die eine geringe Zahl von Stützisolatoren aufweist, zeigt die Abb. 6. Auch hier sind zwei benachbarte Hochspannungszellen durch feuersichere Zwischenwände voneinander getrennt, damit ein in einer Hochspannungszelle arbeitender Schaltwärter nicht gefährdet wird, wenn in der Nachbarzelle eine Störung eintritt.

Auch auf dem Gebiete der Schaltwarten findet man das Streben nach Vereinfachung zum Zwecke einer weiteren Erhöhung der Betriebssicherheit.

Digitized by Google

Schutzrelais.

621. 318. 5

Der im verflossenen Jahr bei den Schutzrelais erzielte Fortschritt sowie der heutige Stand der Relaistechnik überhaupt sind im wesentlichen das Ergebnis des engen Zusammenarbeitens zwischen Hersteller und Abnehmer. Durch umfangreiche Versuche in den Laboratorien der Hersteller und in den Netzen der Abnehmer gelang es, in Verbindung mit dem hohen Stand der Feinmechanik auf dem Relaisgebiet eine große Anzahl von Spitzenleistungen zu erzielen. Diesen Umständen ist es zu verdanken, daß die Relaistechnik selbst zu einem beachtenswerten Zweig der Elektrotechnik geworden ist. Im folgenden soll über den heutigen Stand der Schutzrelaistechnik kurz berichtet werden.

Distanzrelais mit stetigen, stufenförmigen oder gemischten Zeitkennlinien $t = f(z)$ behaupten sich auch heute noch nebeneinander auf dem Markt[1]). Je nach den an die Relais gestellten Forderungen wird die eine oder andere Form bevorzugt. Jedoch neigt man seit einigen Jahren immer mehr zu den schnellwirkenden Distanzrelais, d. h. zu solchen, die mit gemischten oder stufenförmigen Zeitkennlinien arbeiten. Schaltungen, bei denen statt der früher üblichen drei oder zwei Meßrelais ein einziges verwendet wird, welches je nach dem Auftreten des Fehlers sich selbsttätig an die betroffenen Phasenleiter anschließt, überwiegen heute. Eine neue Einheitsform faßt die für den Kurzschlußfall notwendigen Relaisglieder in einem Gehäuse zusammen und ist so ausgebildet, daß sie durch einen kleinen Zusatz zur Doppel-Erdschlußerfassung ergänzt wird. In einem weiteren Zusatzkasten ist die Pendelsperre untergebracht, die in Netzen mit Stabilitätsstörungen zusätzlich angeschlossen wird.

In Höchstspannungsnetzen geht man zur Erzielung besonders kurzer Abschaltzeiten allmählich zu Schutzeinrichtungen mit Hochfrequenzverbindungen über, die gegebenenfalls mit Tonfrequenzen moduliert werden. Hierfür gibt es in Deutschland z. Z. zwei Ausführungsformen. Die eine Form benutzt das Verfahren des Energierichtungsvergleiches, bei dem das Zusammenarbeiten der Richtungsrelais mit Hilfe der Hochfrequenzverbindung über die Schnellauslösung entscheidet. Die Relais sind gleichzeitig Teile des überlagerten Reserveschutzes, der vorzugsweise als Impedanzschutz ausgeführt wird. Dieser Reserveschutz übernimmt im allgemeinen den Sammelschienenschutz, wenn hierfür nicht besondere Einrichtungen vorgesehen werden. Nach diesem Verfahren sind seit drei Jahren Schutzeinrichtungen, bei denen über die Hochfrequenzverbindung gleichzeitig Fernmeßwerte übertragen werden, fehlerfrei im Betrieb[2]). Die andere Form benutzt Dreistufen-Schnelldistanzrelais in Mitnahmeschaltung. Das zuerst auslösende Distanzrelais der gestörten Leitungsstrecke nimmt über einen Hochfrequenzkanal den zugehörigen Schalter am anderen Leitungsende mit der Grundzeit, d. h. mit der Zeit der ersten Impedanzstufe mit. Die Schnelldistanzrelais erfüllen gleichzeitig die Aufgaben des Reserve- und Sammelschienenschutzes.

Abb. 1. Energierichtungsrelais in Einsystemschaltung für ein Drehstromende (Gleich- oder Wandlerstromauslösung).

In Netzen mit geringeren Stationsabständen hat sich die Anwendung des Richtungsvergleichsschutzes mit Hilfsleitungen verbreitet, wobei ebenfalls auf Sparschaltungen übergegangen wurde und gleichzeitig die Auslösezeit herabgesetzt werden konnte.

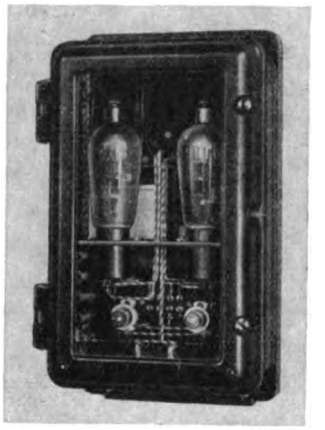


Abb. 2. Erdschlußwischerrelais mit Röhrenschaltung.

Energierichtungsrelais für Einfach- oder Vergleichsschaltungen werden von den Relaisfirmen in Ein-, Zwei- oder Drei-System-Schaltungen für je ein Leitungsende (Schalter) geliefert. Die meisten Relaisausführungen zeichnen sich durch hohe Richtungsempfindlichkeit und sehr kleine Ansprechzeiten aus und sind vorwiegend mit elektrodynamischen Systemen versehen. Neuerdings werden die Einsystem-Richtungsrelais auch für Wandler-Stromauslösung ausgeführt (Abb. 1).

Differentialrelais in den neuzeitlichen Ausführungsformen — mit Haltewicklung[3]) oder mit Sperrrelais[4]) — setzen sich immer mehr durch. Ihre Vorzüge bestehen im wesentlichen darin, daß sie mit empfindlicher Einstellung auch bei Regeltransformatoren einwandfrei arbeiten, und daß sie bei Kurzschlüssen außerhalb ihres Schutzbereiches auch bei Wandlern mit voneinander abweichenden Überstromkennlinien eine Fehlauslösung sicher verhindern. Zu den bereits bekannten Differentialrelais dieser Art ist im Berichtsjahr eine weitere Ausführung hinzugekommen[5]).

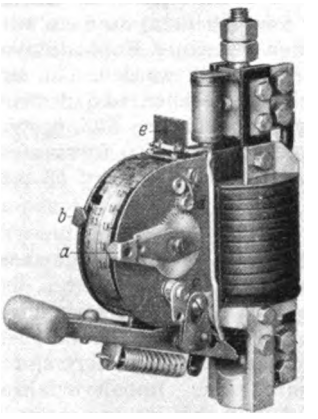
Erdschlußrelais zur selektiven Anzeige bzw. Auslösung des gestörten Anlageteiles erfuhren im verflossenen Jahr eine beträchtliche Weiterentwicklung. Die maßgebenden Firmen haben hier besondere Anstrengungen gemacht. Eine Firma entwickelte in Ergänzung zu ihrem bestehenden wattmetrischen Erdschlußrelais mit Ferraris-Scheibe ein elektrodynamisches Relais[6]) mit besonders großer Empfindlichkeit und sehr kleiner Ansprechzeit. Dieses Relais dient in der Hauptsache zum Schutz von Stromerzeugern bei Erdschluß, und zwar auch in solchen Fällen, bei denen der Fehler in der Nähe des Generator-Nullpunktes auftritt. Eine andere Firma hat ein hochempfindliches Erdschlußrelais mit Doppel-Ferraris-Meßwerk und kleiner Leistungsaufnahme auf den Markt gebracht[7]). Die in diesem Relais für beide Energierichtungen eingebauten und von außen durch Druckknopf rückstellbaren Meldescheiben stellen ein willkommenes Hilfsmittel zur raschen Auffindung eines vom Erdschluß betroffenen Anlageteiles dar. — Eine weitere Firma entwickelte zu ihren bereits bestehenden hochempfindlichen und schnellschaltenden elektrodynamischen Erdschlußrelais eine weitere Ausführungsform, die zum Erfassen kürzester Erdschlußwischer bestimmt ist. Erdschlußwischer haben u. U. nur eine Zeitdauer von einigen Millisekunden; sie rufen gedämpfte Stromschwin-

[1]) Vgl. die Berichte der Vorjahre, ETZ 55 (1934) S. 631 u. ETZ 56 (1935) S. 706.
[2]) ETZ 55 (1934) S. 181.
[3]) AEG-Mitt. (1931) S. 418.
[4]) Siemens-Z. 12 (1932) S. 143.
[5]) ETZ 57 (1936) H. 10, S. 278.
[6]) AEG-Mitt. (1936) S. 84.
[7]) ETZ 57 (1936) H. 10, S. 278.

Digitized by Google

gungen höherer Frequenz hervor, deren Messung mit normalen mechanischen Relais praktisch unmöglich ist. Eine einwandfreie Feststellung des vom Erdschluß betroffenen Anlageteiles ist in solchem Falle nur möglich, wenn die Messung innerhalb des ersten Einschaltstoßes abgeschlossen wird[8]). Die Einrichtung ist wegen der erforderlichen Arbeitsgeschwindigkeit mit gittergesteuerten Röhren ausgeführt (Abb. 2). Aus der Anzeige von Fallklappen, die von diesen Röhren gesteuert werden, läßt sich der betroffene Anlageteil erkennen. Das Relais zeigt selbstverständlich auch Erdschlüsse normaler Dauer selektiv an; es benötigt zum Anschluß keine besonders ausgewählten Wandler. Die gleiche Firma brachte ferner einen neuartigen Erdschlußmelder zur selektiven Anzeige des vom Erdschluß betroffenen Phasenleiters[9]) heraus. Das Hauptkennzeichen dieses Erdschlußmelders ist eine Anregesperre, die das nachträgliche Einwirken von Schwebungsspannungen verhindert, die beim Erlöschen des Erdschlusses auftreten.

Überstrom-Zeitrelais für den Anschluß an Stromwandler (Sekundärrelais) wurden in ihrer Genauigkeit, Leistungsaufnahme, Schaltleistung u. dgl. noch weiter vervollkommnet. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei auch der Ausbildung der Anzeigeeinrichtungen in den Relais, nämlich den Schleppzeigern, Stromindikatoren und Fallklappen gewidmet. Überstrom-Zeitrelais mit Schleppzeiger, durch welche die Störungsdauer und u. U. die gestörte Leitungsstrecke sowie die Genauigkeit der nachgeordneten Relais und Schalter festgestellt werden kann, sind heute gern gesehen. Einige Überstrom-Zeitrelais sind für Wandlerstromauslösung neben der Gleichstromauslösung ausgebildet worden, um sie auch in solchen Anlagen verwenden zu können, in denen für die Auslösung keine Hilfsstromquelle zur Verfügung steht. Thermische Überstrom-Zeitrelais zum Schutze von Hochspannungsmotoren und teilweise auch von Transformatoren sind in den letzten Jahren von mehreren Firmen entwickelt worden. Sie haben die Aufgabe, die Schützlinge gegen betriebsmäßige Überlastungen und Kurzschlüsse zu schützen. Ihr Verzögerungsglied besteht in der Regel aus einem Bimetallstreifen, dem bei einigen Ausführungen ein zweiter zur Temperaturkompensation zugeordnet wird. Die meisten Ausführungen besitzen eine zusätzliche, einstellbare Schnellauslösung für Kurzschlußströme. Zum Schutze des Bimetallstreifens gegen Zerstörung durch sehr hohe Kurzschlußströme sowie zur Erzielung begrenzt abhängiger Zeit-Strom-Kennlinien werden die Relais überdies oft auch mit Sättigungswandlern ausgerüstet. Die thermischen Überstrom-Zeitrelais sind wesentlich billiger als die oben besprochenen genauen bzw. hochwertigen Überstrom-Zeitrelais; sie brauchen aber auch nur mäßigen Ansprüchen zu genügen.



a Stromeinstellung
b Zeiteinstellung
c Grenzstrom-Momentauslösung
d Feststellung der Einstellzeiger
e Meldeklappe

Abb. 3. Hauptstromrelais, Bauart HB 4.

Primär-Überstrom-Zeitrelais, auch Primärauslöser genannt, wurden in ihrer Entwicklung gegenüber den Sekundärrelais nicht vernachlässigt. Als Vorzug eines neu durchgebildeten Relais ist die hohe Kurzschlußfestigkeit zu nennen[10]). Dieses Relais hält in der gewöhnlichen Ausführung den 125fachen, in einer Sonderausführung sogar den 250fachen Nennstrom 1 s lang aus. Der dynamisch zulässige Stoßstrom beträgt das 500fache bzw. 1000fache des Nennstromes (Abb. 3).

Kontaktfragen. — Kontaktschwierigkeiten, die in früheren Jahren gelegentlich auftraten, sind praktisch behoben. Kontaktanordnungen können daher, da sie durchaus zuverlässig sind, heute in freizügiger Weise in Relaisschaltungen angewendet werden. Die früher bevorzugte mechanische Verbindung der Relaisglieder tritt immer mehr gegenüber der elektrischen Verbindung mittels Kontakten zurück. Am deutlichsten hat sich diese Entwicklung bei den Überstrom-Zeitrelais und Distanzrelais durchgesetzt. Als Kontaktmetall wird in erster Linie reines Silber gebraucht.

[8]) ETZ 57 (1936) H. 12, S. 329.
[9]) Siemens-Z. 15 (1935) S. 493.
[10]) ETZ 57 (1936) H. 10, S. 278.

Fernwirktechnik.

621. 398

Die Entwicklung der Fernwirkanlagen, über die hier erstmalig berichtet wird, hat sich mit der zunehmenden Größe und Verkupplung der elektrischen Netze aus dem Bedürfnis nach Fernbedienung und Fernüberwachung ergeben, sie hat zu einer großen Zahl von Verfahren geführt, die alle in den letzten Jahren entstanden und vervollkommnet worden sind[1]). Diese Verfahren stehen der Fernmeldetechnik und Meßtechnik nahe, ihre Anwendung liegt aber in den Anlagen der Starkstromtechnik, so daß sich hier auf dem Grenzgebiet von Schwachstrom- und Starkstromtechnik eine besondere, von beiden befruchtete Fernwirktechnik herausgebildet hat. Während anfänglich die Konstruktionen der Schwachstrom- oder auch der Starkstromtechnik ohne weiteres übernommen wurden, hat sich bald die Unzweckmäßigkeit eines solchen Vorgehens gezeigt, da die besondere Aufgabestellung der Fernwirkeinrichtungen und ihre Verwendung in Starkstromanlagen zur Beachtung ihrer besonderen Grundsätze zwangen. Die Geräte der Fernmeldetechnik waren zwar in ihren Einzelteilen für Dauerbeanspruchung und lange Lebensdauer ausgebildet, im ganzen aber erforderten die Einrichtungen eine zu empfindliche Einstellung und Pflege durch sachkundiges Personal, so daß sie bei dem rauhen Betrieb der Elektrizitätswerke manchmal Schwierigkeiten machten. Um zu erreichen, daß die Wartung nicht nur dem Zeitaufwand nach, sondern auch in der Art der Handhabung so einfach wie möglich wird und angelerntes Personal dazu verwendet werden kann, wurde eine Reihe von Maßnahmen ergriffen:

1. wurde die Zahl der Kontakte in den Apparaten weiter verringert,
2. wurden für die Relais, die häufig arbeiten müssen, besonders geeignete Kontaktbaustoffe geschaffen, die Einzelteile wurden übersichtlich angeordnet, mit systematischen Bezeichnungen versehen, und die besonders empfindlichen Teile wurden durch durchsichtige Scheiben innerhalb der Geräte noch besonders abgedeckt.
3. Um in den unbesetzten Stationen die Feuchtigkeitseinflüsse von den Geräten fernzuhalten, was besonders in den Tropen wichtig ist, wurde die Gehäusekonstruktion entsprechend gewählt.

Vielfache Erfahrungen haben gezeigt, daß es heute möglich ist, selbst angestrengt arbeitende Anlagen, wie

[1]) M. Schleicher, „Die elektrische Fernüberwachung und Fernbedienung für Starkstromanlagen und Kraftbetriebe". Berlin: Julius Springer 1932. — Stäblein, „Die Technik der Fernwirkanlagen", München und Berlin: R. Oldenbourg 1934. — August, ETZ 56 (1935) S. 1363.

Digitized by Google

sie besonders bei Bahnbetrieben vorkommen, auch unter ungünstigen Verhältnissen ein halbes Jahr und länger ohne jede Revision arbeiten zu lassen. Man kommt damit also auf dieselben Wartezeiten, wie man sie auch den Starkstromanlagen solcher Stationen angedeihen läßt. Gerade die Bahnanlagen waren es auch, die den Anlaß gaben, sich der Entwicklung von Kleinstationen zu widmen, und es sind hier Stationen mit einer Kapazität von 15 bis 20 Schaltvorgängen entwickelt worden, die sich durch Kleinheit und Billigkeit auszeichnen und dementsprechend in großer Zahl abgesetzt wurden. Z. Z. besteht z. B. eine Bahnfernsteueranlage von etwa 600 ferngesteuerten und ferngemeldeten Schaltern, die sich auf 53 Stationen verteilen.

Bei der Fernübertragung von Meßwerten, für die eine große Zahl von Vorschlägen gemacht wurde[2]), hat sich neben den Gleichstromverfahren, bei denen die Meßgröße durch einen auf der Übertragungsleitung fließenden, ihr proportionalen Gleichstrom übertragen wird, als allgemein für jede Art der Übertragung verwendbares Fernmeßverfahren das Impulsverfahren durchgesetzt. Die im wesentlichen in der Praxis gebräuchlichen Gleichstromverfahren sind das Generator- oder Telewattverfahren, das im Geberzähler durch einen mit diesem gekuppelten kleinen Gleichstromgenerator, ebenfalls in der Bauart eines normalen Zählers, eine der Drehzahl und damit der Meßgröße proportionale Gleichspannung erzeugt, sowie die Kompensationsverfahren, bei denen durch eine selbsttätige Kompensation des Drehmomentes oder der Drehzahl im Geberinstrument ein Gleichstrom oder eine Gleichspannung eingeregelt wird, die unabhängig von Schwankungen des Widerstandes oder der Hilfsspannung ein Abbild der Meßgröße darstellt. Die Impulsverfahren arbeiten meistens mit der Meßgröße proportionaler Impulsfrequenz, die durch eine Kontaktvorrichtung am Geberzähler erzeugt wird. Diese Impulsfrequenz wird durch Zwischenrelais übertragen und an der Empfangsstelle in eine für die Anzeige benutzte Gleichstromgröße umgewandelt. Dies kann durch die von den Kontakten des Empfangsrelais gesteuerte Umladung von Meßkondensatoren erfolgen (Impulsfrequenzverfahren mit Kondensatorumladung) oder durch eine selbsttätige Kompensation (Impuls-Kompensationsverfahren). Besondere Bedeutung haben die im Anschluß an die Fernmessung entwickelten Summierungsverfahren erlangt, die eine bequeme und genaue Summierung z. B. der Leistungen aller Maschinen eines Kraftwerkes oder mehrerer Kraftwerke in einem Netz gestatten[3]). Auch die durch die Umwandlung der Meßgröße in eine Hilfsgröße und deren Umsetzung in die Anzeige verursachte Verzögerung des Empfangsinstrumentes bei einer Änderung des Meßwertes wurde beachtet und nach Möglichkeit verkleinert.

In Verbindung mit der Fernmessung der Leistung werden Einrichtungen zur Fernzählung der elektrischen Arbeit verwendet. Die Hauptanwendung ist in solchen Systemen zu finden, bei denen der Zählwert aus dem Meßwert der Augenblicksgröße abgeleitet wird, besonders dann, wenn die Anlagen dazu dienen, die wirtschaftliche Betriebsführung des ganzen Netzes zu überwachen. Für Verrechnungszwecke können derartige Anlagen nicht in Frage kommen, weil mit ihnen infolge der nötigen Zwischenglieder nicht mit absoluter Sicherheit die Übertragung aller Impulse gewährleistet werden kann. Es kann also nicht die Genauigkeit erreicht werden, die für Verrechnungszwecke als notwendig angesehen werden muß. Das letztere gilt für Weitübertragungen über Draht und für Hochfrequenzübertragungen.

Bei der Fernsteuerung von Schaltern und der Rückmeldung ihrer Stellungen haben sich die Verfahren, die mit den Hilfsmitteln der Selbstanschlußtechnik der Telephonie arbeiten, also mit Relais und Schrittwählern, gegenüber den anfänglich häufiger angewendeten Verfahren mit motorisch angetriebenen Verteileranordnungen vollständig durchgesetzt. Ein Schaltbefehl oder die Mitteilung der Stellungsänderung eines Schalters wird durch eine Impulsreihe übertragen, die in der Zahl der Impulse oder ihrer Zahlenkombination dem zu übermittelnden Schalt- oder Meldebefehl zugeordnet ist und durch eine selbsttätige Impulsgabeanordnung übertragen wird. Gegen Impulsausfall oder Verstümmelung und die Gefahr der dadurch verursachten Fehlschaltungen oder Fehlmeldungen ist sie durch eine besondere Sicherstellung gesichert, deren Grundgedanke die Wiederholung oder Ergänzung der erst übertragenen Impulsreihe durch eine zweite Impulsreihe ist. Die Trennung der mit Gleichstromrelais und Wähler arbeitenden Verbindungseinrichtungen von den Starkstromkreisen wird durch Zwischenrelais erreicht. Auch hier spielt die für die Übertragung notwendige Zeit eine gewisse Rolle, weshalb Schaltungen verwendet werden, die bei einem Wählerumlauf mehrere zugleich gefallene Schalter zu melden gestatten[4]). Die Abriegelung und Längsunterteilung der Übertragungsleitungen zur Vermeidung von Störbeeinflussungen durch Hochspannung verlangten, daß selbst für kürzere Übertragungsweiten Wechselstrom benutzt wurde. Da aber die Wechselstromquelle eine Reserve haben muß, damit nicht gleichzeitig mit der Starkstromversorgung auch die Fernsteuerung versagt, wurden Schaltungen durchgebildet, die den Impulsverkehr mit Hilfe der vorhandenen Gleichstrombatterien aufrechterhalten. Solche Fernsteueranlagen haben sich im großen Umfange nicht nur für unbediente Stationen im Kraftwerks- und Netzbetrieb eingeführt[5]), sondern auch für die unbesetzten Gleichrichter- und Kuppelstationen im elektrischen Bahnbetrieb[6]).

Die Fernregelung als selbsttätige Beeinflussung der Leistungs- oder Blindleistungsabgabe von Maschinen im Anschluß an einen ferngemessenen Meßwert hat besonders für die Einregelung der Übergabeleistung zwischen zwei Netzen Bedeutung gewonnen. Es sind eine Reihe von selbsttätigen Fernreglern für diesen Zweck in Betrieb. Die in der letzten Zeit gemachten Erkenntnisse, daß ihre Wirkung durch eine zusätzliche Regelung nach der Frequenz wesentlich verbessert werden kann, hat zu technisch sehr interessanten Lösungen geführt.

Die Übertragungsverfahren, nach denen die für die Übermittlung von Fernmeßwerten oder Fernschaltbefehlen notwendigen Übertragungskanäle geschaffen werden, haben sich an die für die Telegraphie üblichen Verfahren angelehnt und sind zweckentsprechend durchgebildet worden. Außer dem einfachen Verfahren der Impulsübertragung mit Gleich- oder Wechselströmen, letztere besonders für hochspannungsgefährdete Leitungen, werden die für die Telephonie benutzten Leitungen durch Kunstschaltungen und durch Unterlagerungs- oder Überlagerungsschaltungen auch noch für die Übertragungen der Fernwirktechnik mit ausgenutzt. Bei der Unterlagerung wird mit Strömen von einer Frequenz unterhalb des für die Sprachübertragung notwendigen Frequenzbandes von rd. 300 bis 2400 Hz gearbeitet, bei der Überlagerung mit Frequenzen oberhalb dieses Sprachbandes, wobei durch Siebkettenanordnungen eine Trennung der Ströme verschiedener Frequenz erreicht wird. Auch die Mehrfach-Tonfrequenz-Übertragung wird verwendet, wobei mehrere verschiedene Wechselstromfrequenzen, die ebenfalls durch Siebketten getrennt werden können, für die gleichzeitige und unabhängige Übertragung z. B. mehrerer Meßwerte dienen[7]).

Für große Stromversorgungsnetze führt sich die Hochfrequenzübertragung deshalb immer mehr ein, weil sie als außerordentlich sicher und auch trotz ihres hohen Preises als sehr wirtschaftlich angesprochen werden muß. Der Röhrenersatz hat sich zahlenmäßig als sehr klein erwiesen.

[2]) Linker, ETZ 55 (1934) S. 857.
[3]) Riedel, VDE-Fachberichte 1935, S. 160.
[4]) Köberich, VDE-Fachberichte 1934, S. 35.
[5]) L. Völker, ETZ 57 (1936) H. 2, S. 33.
[6]) K. Keller, ETZ 57 (1936) H. 11, S. 304.
[7]) A. Kemmelmeier u. W. Semmler, ETZ 56 (1935) S. 235.

Digitized by Google

Es war infolgedessen nötig, Mehrfach-Tonfrequenzsender zu schaffen, die in der Lage sind, bei möglichster Ersparnis an Trägerfrequenzkanälen eine möglichst große Zahl von gleichzeitigen Meßübertragungen durchzuführen. Mit Rücksicht auf den ziemlich hohen Kostenaufwand zur Bildung der Hochfrequenzkanäle wird auf eine günstige Vergesellschaftung mit den Hochfrequenz-Telephonanlagen hingearbeitet, und es sind bereits Anlagen in Betrieb, bei denen die Fernmeldung und Fernsteuerung von Unterstationen vergesellschaftet ist mit der Anrufautomatik der Hochfrequenz-Telephonieanlagen, wobei die Auswahl- und Kommandosicherheit der Schaltvorgänge genau so groß ist wie bei Fernsteueranlagen mit Drahtübertragung.

Neben einfachen Kanälen, bei denen Impulse zur Übertragung eines einzelnen Wertes durch die impulsmäßige Tastung einer Hochfrequenz-Trägerwelle übermittelt werden, werden auch mit mehreren Tonfrequenzen modulierte Trägerwellen benutzt, die ähnlich wie die Mehrfach-Tonfrequenz-Übertragungen auf Leitungen mehrere gleichzeitige, unabhängige Übertragungen zulassen, indem jeder einzelnen Übertragung eine der verschiedenen Modulationsfrequenzen zugeordnet ist[8]). Auch Unterlagerungsschaltungen sind in Verbindung mit Hochfrequenztelephonie entwickelt worden, bei denen ebenfalls mit einer Frequenz unterhalb des Sprachbandes die Hochfrequenzträgerwelle zusätzlich für Impulsübertragungen moduliert wird.

Es ist anzunehmen, daß diese Neuerung sich bei den größeren Elektrizitätswerken schnell einführen wird, weil man hierdurch ein außerordentlich preiswertes Mittel zur Verfügung hat, alle Vorgänge in Unterstationen nach einer Zentralstelle selbsttätig zu übertragen und so über Störungsart und Umfang in kürzester Zeit unterrichtet zu sein. In größeren Stadtnetzen ist man bestrebt, die Meldungen derartiger Anlagen zu beschleunigen, weil die Zahl der notwendigen Meldungen groß ist und sehr schnell gehandelt werden muß. Auch in dieser Richtung sind erhebliche Fortschritte erzielt worden, so daß man etwa auf ein Drittel der sonst üblichen Meldezeit heruntergekommen ist.

[8]) W. Wolman, VDE-Fachberichte 1935, S. 146.

Leitungsbau.

621. 315. 1/2

Freileitungen.

Bei der lebhaften Bautätigkeit im inländischen Freileitungsbau im vergangenen Jahre konnten die Erkenntnisse und Entwicklungen nach der restlosen Umstellung auf den Werkstoff Aluminium gut verwertet werden. Seile aus Reinaluminium wurden hauptsächlich für Nieder-, Mittel- und Hochspannungsleitungen verwendet, während für Höchstspannungsleitungen und Leitungen, die besonders hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, Stahlaluminium und Aldrey bevorzugt wurden, ersteres in erhöhtem Maße. Die noch entwickelten Stahlaldreyseile, die hohe Prüfwerte aufweisen, und die Aldrey-Aluminium-Seile kommen nur für besonders gelagerte Fälle in Frage. Bei den Stahlaluminiumseilen hat man teils die genormten Seile nach DIN VDE 8204 verwendet, jedoch auch Seile mit vergrößertem Stahlquerschnitt, wobei der Stahlanteil zum Aluminiummantel im Verhältnis 1 : 4 steht. Erstmalig wurden im Jahre 1935 Höchstspannungsleitungen für 200 kV mit Stahlaluminiumseilen ausgerüstet. Bei diesen, bei denen es häufiger auf einen geringeren leitenden Querschnitt, jedoch großen Durchmesser ankommt, wurden Stahlaluminiumseile als Vollseile im Verhältnis 1 : 3 verwendet. Der große Durchmesser von 28 mm und die hohe Bruchlast der verwendeten Stahlaluminiumseile machten die Konstruktion neuer Trag- und Abspannklemmen erforderlich, bei denen den neuesten Erkenntnissen zur Verhütung von Seilschäden infolge Schwingungen Rechnung getragen wurde. Als Tragklemme[1]) wurde eine Konstruktion verwendet, die um eine in Seilhöhe liegende waagerechte Achse leicht drehbar ist und bei der das Seil in der Tragmulde auf die ganze Länge mit gleichmäßigem, aber geringem spezifischem Druck so festgeklemmt ist, daß die zusätzlichen Beanspruchungen des Seiles in der Klemme möglichst gering werden und trotzdem das so gefährliche Schlagen der Seile am Austritt aus der Klemmenmulde vermieden wird. Mit der zum erstenmal bei derartigen Seilen verwendeten Konstruktion der Abspannklemme wurde eine Festigkeit erreicht, die gleich der Seilfestigkeit ist. Die Verbindung der Seile wurde mit dem altbewährten Kerbverbinder hergestellt. Besonders bemerkenswert ist es, daß zur Verbindung der Stahlaluminiumseile, auch der großen Durchmesser, nur Aluminiumhülsen verwendet werden, die es gestatten, auch die Stahlaluminiumseile bei der Verbindung wie Reinaluminium- oder Kupferseile zu behandeln. Eine derartige Verbindung hat annähernd die gleiche Bruchlast wie das Seil. Auch die Stahlaluminiumseile mit einem Durchmesser von 28 mm mit einer Bruchlast von etwa 14 000 kg wurden mit Kerbverbindern verbunden. Durchgeführte Widerstandsmessungen haben ergeben, daß eine derartige Verbindung nur einen etwa halb so großen Widerstand aufweist wie ein gleichlanges Seilstück. Infolgedessen bleibt auch bei Dauerbelastungen die Temperatur des Verbinders unter der des Seiles.

[1]) W. Bolling, VDE-Fachberichte 1935, S. 53.

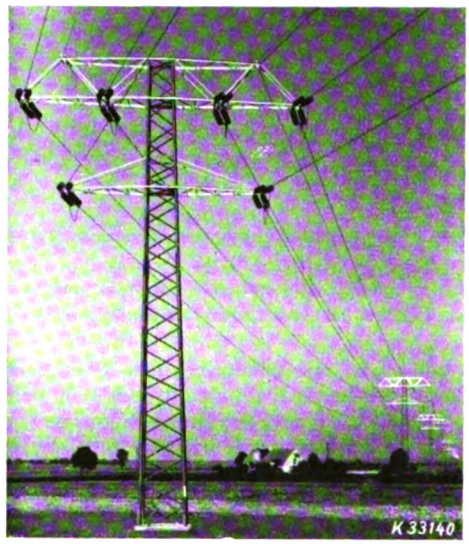


Abb. 1. 100 kV-Rohrgittermast mit verzinkten Traversen.

Bei einer Reihe von Freileitungsanlagen wurden Maste aus Rohren[2]) meistens in Gitterkonstruktion, teils auch in strebenloser Ausführung (nach Art der Vierendeel-Träger) eingebaut. Der Anschluß der Streben bzw. Riegel an die Eckstiele erfolgt durch Elektroschweißung. Die Tatsache, daß der günstigste Querschnitt für zentrisch gedrückte Stäbe der Kreisring, das Rohr, ist, führt zu nicht unerheblicher Gewichtsersparnis für vergitterte Rohrkonstruktion, wobei jedoch auf schweißtechnisch und konstruktiv einwandfreien Anschluß der Streben besonderer Wert gelegt werden muß. Wie weit die von verschiedenen Seiten geäußerten Bedenken wegen Rostbildung an den Hohlflächen begründet sind, muß die Erfahrung zeigen.

Abb. 1 zeigt einen 100 kV-Rohrgittermast mit verzinkten Traversen aus Profileisen.

Bei Holzmasten wurde zur Bekämpfung der Fäulnis bisher vornehmlich die Teeröltränkung nach Rüping angewendet, die sich jedoch nur für Maste aus Kiefern- und

[2]) ETZ 54 (1933) S. 333.

Digitized by Google

Lärchenholz eignet, während Fichte- und Tannenmaste bisher für diese Tränkung nicht in Frage kommen. Um auch diese beiden Nadelholzarten, die sich wegen ihres Wuchses, ihrer Festigkeitseigenschaften und ihrer Haltbarkeit durchaus als Maste eignen, in erhöhtem Maße verwenden zu können, wurde ein neues Tränkungsverfahren, das Osmose-Verfahren[3]), entwickelt, bei welchem die saftfrischen Stangen nach Schälung mit arsenhaltigem Salzgemisch gestrichen und in einfacher Weise weiter behandelt werden. Mit dem Baustoff Holz sind in letzter Zeit Leitungen auch im Weitspannsystem für größere Querschnitte und Spannungen errichtet, wobei auch die Querträger in Holz ausgeführt sind.

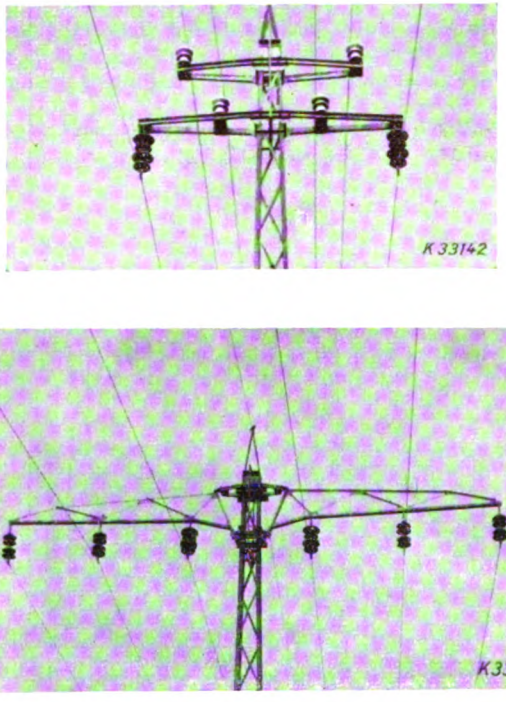


Abb. 2. 50 kV-Leitung, oben vor dem Umbau mit Stützenisolatoren, unten umgebaut mit Schwenktraversen und Hängeisolatoren.

Alte Leitungen mit unzureichenden Stützenisolatoren und zu geringen Leiterabständen wurden in den letzten Jahren wirtschaftlich auf größeren Strecken umgebaut und mit Hängeisolatoren ausgerüstet, wobei teilweise die Traversen als Schwenktraversen ausgebildet wurden[4]). Abb. 2 zeigt oben eine unzulängliche 50 kV-Leitung mit Stützenisolatoren und unten die umgebaute Leitung mit Schwenktraversen und Hängeisolatoren.

Bei den Freileitungsbauten wurden die neuesten Erkenntnisse zur Erhöhung der Gewittersicherheit der Freileitungen berücksichtigt. Die Anordnung der Erdseile am Mast wurde so gewählt, daß sie einen maximalen Blitzschutz für die darunter liegenden spannungsführenden Leitungen bieten, und der Ausführung der Einzelmasterdungen wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

[3]) ETZ 56 (1935) S. 857.
[4]) ETZ 56 (1935) S. 348.

Kabel.

Gemäß Verfügung der Überwachungsstelle für unedle Metalle dürfen sowohl Nieder- als auch Hochspannungskabel nur noch mit Aluminiumleitern hergestellt werden. Eine Ausnahme machen lediglich die kleinen Querschnitte bis einschl. 6 mm². Das Hauptinteresse richtete sich deshalb im letzten Jahr auf die Herstellung einwandfreier Verbindungsstellen der Aluminiumleiter, und es ist auch gelungen, gute Verbindungsstellen sowohl durch Löten, Schweißen oder Gießen zu erhalten und die Herstellungsverfahren durch Vorträge, Vorführungen, Ausbildungskurse usw. den interessierten Kreisen zugänglich zu machen[5]). Zum Abzweig von ungeschnittenen Aluminiumleitern in Hausanschlußmuffen wurden brauchbare Tatzenklemmen auf den Markt gebracht.

Auf Schiffen fanden erstmalig Spannungen bis zu 6 kV Verwendung, wofür Sonderkabel entwickelt wurden, die zur Verlegung in Räumen mit hohen Temperaturen geeignet sind. In Sonderfällen konnten Kabel für niedere Spannungen mit Kunststoffmantel verwendet werden. Hier ist außer dem Vorteil des geringen Gewichts die Widerstandsfähigkeit des Mantels gegen interkristallinen Bruch von Bedeutung, so daß sich dieser Typ zunächst besonders als Schiffskabel eingeführt hat.

Die Fortschritte in den Herstellungsverfahren von Hochspannungskabeln wirkten sich durch weitere Herabsetzung der Isolationsstärken bei Höchstspannungskabeln aus.

Neuere Erkenntnisse in der Herstellung von Gummimischungen führten dazu, auch Bagger- und Schleppkabel für Spannungen bis 15 kV betriebssicher herzustellen. Ebenso konnten für die Luftfahrt Leitungen durchgebildet werden, die den hohen an sie zu stellenden Bedingungen wie Wärme-, Kälte-, Treibstoff-, Öl- und Ozonbeständigkeit gewachsen sind und sich durch eine besonders hohe Durchschlagfestigkeit auszeichnen.

Röntgenkabel erreichten einen hohen Stand der Entwicklung und wurden für Spannungen bis zu 300 kV (Villard) angefertigt.

Auch auf dem Gebiete der Kleinendverschlüsse wurden Fortschritte, insbesondere durch Vereinfachung der Montage, erzielt. An Stelle der früher verwendeten Endverschlüsse für Nieder- und Mittelspannungskabel haben sich Ein- und Mehrleiter-Klein-Endverschlüsse bis 20 kV mit Isolier-Preßstoffgehäuse gut bewährt. Die besonderen Vorteile dieser Endverschlüsse sind geringe Abmessungen, Druckfestigkeit, Ölbeständigkeit, einfache Montage und große Anpassungsfähigkeit. Da diese Konstruktionen auch mit Stopfbuchsdichtungen am Bleimantel hergestellt werden, wird bei der Montage kein Löt- und Schmierzinn mehr benötigt.

[5]) VDE 0280 „Merkblatt zur Herstellung von Verbindungsstellen bei Aluminiumleitern in Starkstromanlagen". ETZ 57 (1936) H. 16, S. 451. K. Tonnemacher, VDE-Fachberichte 1935, S. 57.

Hochspannungstechnik.

621. 3. 027. 3

Die Arbeit war im vergangenen Jahr wieder dem so wichtigen Ausbau der Kenntnisse über besonders schwierige und deshalb trotz jahrelanger Forschung noch nicht genügend geklärte Fragen gewidmet: Die Gewitterforschung hat, was die Blitzstromstärke angeht, im wesentlichen die bisherigen Ergebnisse bestätigt[1]); ausnahmsweise sind 100, ja 200 kA gemessen worden, die große Mehrzahl der Schläge führt einige 10 kA, ein Ergebnis, das sich bemerkenswerterweise mit den Werten deckt, die Pockels 1901 ermittelt hat. Von verschiedenen Verfassern wurden beachtenswerte Vorschläge zur Aufzeichnung von Gewittervorgängen gemacht. Dabei hat man u. a. auch optische Sondereinrichtungen angewendet, um die Entladung im Lichtbild festzuhalten[2]). Ferner spielt der Kathodenstrahl-Oszillograph eine sehr wichtige Rolle. Seine Aufzeichnungen ermöglichen auch die Bestimmung der Stromänderungs-Geschwindigkeit[3]), was hinsichtlich der magnetisch induzierten Spannungen wichtig ist. Strit-

[1]) ETZ 56 (1935) S. 577 u. 590; 57 (1936) S. 43, 415 u. 433. Arch. techn. Mess. (1935) V 327-2; Bericht: ETZ 57 (1936) S. 443.
[2]) ETZ 57 (1936) S. 43.
[3]) ETZ 56 (1935) S. 393 u. 468; 57 (1936) S. 43.

Digitized by Google

tig ist noch die Frage nach den „bevorzugten Einschlagstellen", die Frage, ob die Luftionisation oder die Bodenleitfähigkeit (Wasseradern) entscheidend ist[4]). Da entsprechende Feststellungen praktisch sehr schwierig sind, dürfte die Klärung, wie beim in gewisser Beziehung verwandten Wünschelrutenproblem, noch einige Zeit auf sich warten lassen.

Zur Nachahmung der natürlichen Vorgänge verwendet man im Prüffeld in stark steigendem Umfange Stoßanlagen. Sie sind sehr ausgebaut worden, Spannungen von 3 Mill V sind im In- und Ausland, Stromstärken von 250 kA (oszillierend) und 100 kA (aperiodisch) bei 150 kV in den V. S. Amerika erreicht[5]). Die Ströme stehen damit hinter den höchsten in der Natur vorkommenden Beträgen nicht mehr zurück, so daß auch die Stromwirkungen (Zusammenschmelzen von Leitern, Zersplittern von Holzmasten u. dgl.) denen des natürlichen Blitzes völlig gleichen[6]). Wertvolle Arbeiten beschäftigen sich mit besonderen Fragen, Störungen durch Schwingungen, zweckmäßigstem Zusammenbau, z. B. für die Erreichung größter Stirnsteilheiten u. ä.[7]).

Der Kathodenstrahl-Oszillograph, der für die Gewitterforschung sowohl wie auch für die künstlichen Stoßprüfungen wichtig ist, ist erfolgreich weiterentwickelt worden, sowohl zum Zwecke der Vereinfachung, wie auch gesteigerter Meßgenauigkeit[8]).

Unter den Schutzmaßnahmen zur möglichsten Vermeidung von Störungen steht an erster Stelle gute Erdung; der große Wert niedriger Erdübergangswiderstände hat sich bestätigt. Von günstiger Wirkung scheinen auch Gegengewichte zu sein[9]). Besonders betrachtet wurde mit Rücksicht auf die Verschleppung der Gefährdung auf der einen, Herabsetzung des Widerstandes auf der anderen Seite die Frage „Trennen oder Verbinden" der Einzelerden[10]). Überspannungs-Ableiter zweckmäßiger Bauart haben sich weiter gut bewährt; in einem Falle wird z. B. berichtet, daß Schäden in geschützten Stationen bei auftretenden Gefährdungen mit etwa 96 % Sicherheit verhindert wurden[11]). Die Wirkungsweise dieser Geräte wurde weiter gründlich untersucht[12]).

In Zusammenhang damit steht die Frage nach Durch- und Überschlag. Der Luftdurchschlag wurde teils nach mehr praktischen, teils mehr theoretischen Gesichtspunkten in seinen verschiedenen Formen (inhomogenes Feld, Korona, Gleitentladungen, Stoßvorgänge usw.) eingehend untersucht[13]). Auch das wichtige Öl wurde nicht vernachlässigt[14]), die Forschung auf dem schwierigen Gebiete der festen Isolierstoffe führte zu wichtigen Ergebnissen, wie z. B. zu der Erkenntnis, daß bei Kondensatoren der Wärmedurchschlag praktisch bedeutsam ist[15]), und daß bei Massekabeln die langsame Zerstörung des Isolierstoffes nicht nur vom Leiter, sondern auch vom Mantel aus langsam fortschreitet[16]). Außerdem fanden betriebswichtige Dinge, wie die Verschmutzungsanfälligkeit der Freileitungsisolatoren, berechtigte Beachtung[17]).

Oberwellenfragen wurden in letzter Zeit für die Hochspannungsnetze manchmal bedeutsam, teils infolge der Einführung größerer Stromrichterleistungen, teils wegen des Einbaus von Kondensatorbatterien zur Blindstromkompensation[18]). In allen Fällen konnten schließlich gute Ergebnisse erzielt werden, nachdem die Vorgänge grundsätzlich geklärt sind. Gleichrichter[19]) und Transformatoren[20]), die nur wenig verzerrte Ströme aufnehmen, wurden entwickelt.

Von Wichtigkeit war auch das Schaltproblem, einerseits mit Rücksicht auf die Schalter selbst und deren Leistung[21]), anderseits wegen gelegentlich vorkommender Abschaltüberspannungen[22]). Die Arbeiten geben wesentlich vertiefte Einblicke.

Alle Untersuchungen waren naturgemäß nur mit Hilfe verfeinerter Hochspannungs-Meßverfahren durchführbar, so daß auch diesem Gebiete ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Zu nennen sind hier die wesentlichen Fortschritte auf dem Gebiete der Verlustwinkelmessungen[23]), ferner die schon genannten Verbesserungen des Kathodenstrahl-Oszillographen. Besondere Aufmerksamkeit wird z. Z. der Messung hoher Spannungen an sich gewidmet, nachdem man erkannt hat, daß die bisher erreichte Genauigkeit zu wünschen übrig läßt. Interessanten Neuentwicklungen[24]) stehen eingehende Untersuchungen über die seit langem gebräuchliche Kugelfunkenstrecke zur Seite[25]).

[4]) ETZ 56 (1935) S. 591; 57 (1936) S. 202 u. 433.
[5]) Arch. Elektrotechn. 19 (1935) S. 655; Bericht: ETZ 56 (1935) S. 1307. ETZ 56 (1935) S. 593, 971, 1027, 1041.
[6]) ETZ 56 (1935) S. 1208.
[7]) ETZ 56 (1935) S. 654, 751; 57 (1936) S. 65.
[8]) Arch. Elektrotechn. 19 (1935) S. 139, 272, 351, 722, 873; 20 (1936) S. 109, 157. ETZ 56 (1935) S. 633; 57 (1936) S. 500.
[9]) ETZ 56 (1935) S. 1381.
[10]) VDE-Fachberichte 1935, S. 74.
[11]) ETZ 57 (1936) S. 387.
[12]) Arch. Elektrotechn. 19 (1935) S. 513. ETZ 56 (1935) S. 590, 647, 840, 1204; 57 (1936) S. 202.
[13]) Arch. Elektrotechn. 19 (1935) S. 130, 568, 692, 782; 20 (1936) S. 133, 187. ETZ 56 (1935) S. 609, 741, 771, 867, 1218; 57 (1936) S. 534.
[14]) Arch. Elektrotechn. 19 (1935) S. 192. ETZ 56 (1935) S. 772, 1072, 1135, 1158; 57 (1936) S. 340.
[15]) ETZ 56 (1935) S. 539, 617, 772; 57 (1936) S. 450.
[16]) ETZ 56 (1935) S. 1125, 1385.
[17]) ETZ 56 (1935) S. 955; 57 (1936) S. 13, 196.
[18]) ETZ 56 (1935) S. 501, 1045. VDE-Fachberichte 1935, S. 21.
[19]) ETZ 56 (1935) S. 957, 987.
[20]) ETZ 56 (1935) S. 933.
[21]) Arch. Elektrotechn. 19 (1935) S. 1; 20 (1936) S. 71. AEG-Mitt. (1935) S. 402; (1936) S. 127. ETZ 56 (1935) S. 766, 1189.
[22]) VDE-Fachberichte 1935, S. 25, 32, 35.
[23]) ETZ 57 (1936) S. 81.
[24]) ETZ 56 (1935) S. 678, 1055, 1104, 1319. VDE-Fachberichte 1936, S. 157.
[25]) Arch. Elektrotechn. 19 (1935) S. 362. ETZ 56 (1935) S. 771, 1379, 1405. Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 14 (1935) H. 2, S. 63; Bericht: ETZ 57 (1936) S. 97. ETZ 57 (1936) S. 177, 377, 412.

Isolierstoffe.

621. 315. 6

Allgemeine Entwicklung.

Die altbekannten Isolierstoffe haben im ablaufenden Jahr eine ruhig fortschreitende, ins einzelne gehende Entwicklung erfahren. Die Kunststoffe und keramischen Sondermassen sind in stürmischem, von wirtschaftlichen Erfolgen bestärktem Fortschritt begriffen. Mehr und mehr bemüht sich die Wissenschaft, gefördert durch die Gemeinschaftsarbeit, um tiefere Kenntnis der Stoffe und bereitet so neue Verwendungsmöglichkeiten vor. Wenn auch heute noch die Elektrotechnik der Hauptabnehmer dieser Neustoffe ist, so geht die Entwicklung deutlich auf einen wesentlich erweiterten Anwendungskreis hinaus. Da die Ausgangsstoffe heimische Stoffe sind, entstehen nationalwirtschaftliche Vorteile; der bedeutende technische Fortschritt liegt in der Bereitstellung einer großen Zahl neuer Werkstoffe mit wertvollen Eigenschaften, die zum Teil früher überhaupt nicht erzielbar waren. Unter dem Gesichtspunkt sparsamer Wirtschaft hat die Wiederaufarbeitung von Isolierölen an Bedeutung gewonnen. Untersuchungen zur Festlegung bestimmter Prüföle wurden angestellt.

Keramische Stoffe.

In der Porzellanindustrie wurden neue Versuchsanlagen errichtet, ferner Untersuchungen z. B. über Prüfung mit Spannungsstößen abgeschlossen und kleinere Neugestaltungen durchgeführt. Die erwartete Übersichts- und Eigenschaftstafel keramischer Werkstoffe für die Elektrotechnik ist erschienen[1]). Ihre Angaben zeigen, daß heute der weite Bereich der Dielektrizitätskonstanten

[1]) ETZ 56 (1935) S. 915.

Digitized by Google

und dielektrischen Verluste vollständig und gesichert beherrschbar ist. Stoffe mit vorgegebenen und verschwindend kleinen Temperaturkoeffizienten sind jetzt lieferbar. Der elektrische Widerstand kann bei hohen Temperaturen noch gut gehalten werden. Sondermassen widerstehen auch krassen Temperaturschwankungen. Kondensatorbaustoffe mit selbst bei niedrigen Frequenzen kleinen Verlusten wurden gefunden[2]). Schwierigkeit macht, wie überall, die Benutzung der für Versuchskörper geltenden Zahlenwerte bei der Gestaltung der Fertigstücke. Doch enthält das Schrifttum des Jahres zahlreiche Mitteilungen über gestaltliche Möglichkeiten mit genaueren Toleranz- und Schwindmaßen. Es steht in Aussicht, daß eine Überwachung der keramischen Stoffe in ähnlicher Weise eingeführt wird, wie sie für Kunstharzstoffe schon lange besteht. Beträchtliche Fortschritte machte wiederum die Verschmelzung von keramischen Stoffen mit Glas und Metallen; die Hochvakuumtechnik und der Bau hochbelastbarer Widerstände wurden hierdurch gefördert.

Kunststoffe.

Ordnung. Die im Jahre 1935 veröffentlichten „Leitsätze für die Prüfung von nichtkeramischen gummifreien Isolierpreßstoffen" sind am 1. 4. 1936 in Kraft getreten[3]). Darin ist die neue Typentafel vom Oktober 1935[4]) enthalten, an die sich die Bekanntgabe des Staatlichen Materialprüfamtes Dahlem anschloß, welche Firmen von ihm überwacht werden und unter welchen Namen die betreffenden Erzeugnisse in den Handel kommen[5]). Durch das Vordringen der Kunststoffe weit über den Rahmen der Elektrotechnik erklärt sich, daß das Gebiet nicht nur durch die zuständigen Fachgruppen — d. i. Fachgruppe 7 (Isolierstoffe) der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie (Planung eines Normblattes DIN 7701[6]) und Fachgruppe 13 (Kunststoffe) der Wirtschaftsgruppe Chemie — bearbeitet wird, sondern auch Gegenstand weiterer Gemeinschaftsarbeit ist. Mittelbar bedeuteten manche Verordnungen der Überwachungsstelle für unedle Metalle eine allgemeine Förderung der Kunststoffe.

Neue Stoffe. In den Anilin-Formaldehyd-Kondensationserzeugnissen wurden thermoplastische Massen gefunden, die zur Preßstoffherstellung und zur Hartpapierfertigung brauchbar sind. Soweit sich mit der bisherigen Erfahrung sagen läßt, zeigen diese Erzeugnisse ein gutes Oberflächenverhalten gegen Kriechströme. Das seit einigen Jahren bekannte Polystyrol, das sich als Spritzmasse in der Hochfrequenztechnik fest eingeführt hat, ist jetzt durch den rein mechanischen Kunstgriff des Streckverfahrens auch biegsam herstellbar. Unter dem Namen Styroflex werden biegsame Platten und sogar Filme und Fäden geliefert. Sie fanden bereits Anwendung in dämpfungsarmen Kabeln für Sonderzwecke. Die Mischpolymerisate der Vinylabkömmlinge liegen in einer Fülle von Spielarten (Mipolame) vor. Diese Thermoplaste weisen gute Wasserbeständigkeit und Zähfestigkeit auf, so daß sie z. B. als Ummantelungsmasse zu verwenden sind. In allerletzter Zeit erschienen die ersten Proben von spritz- und gießbaren Vinylpolymerisaten mit beträchtlich gesteigerter Wärmebeständigkeit. Benzylzellulose-Abkömmlinge zeichnen sich als Leitungsisolation durch Ozonfestigkeit und gute mechanische und thermische Eigenschaften aus (z. B. Ledion-Schaltdrähte). Aluminiumdrähte können mit Kunststoffen verrottungsfest isoliert werden. Polymerisate der Akrylsäure werden zum mechanischen Schutz von Kabeln verwendet (Stabol). Sie haben den besonderen Vorzug, gegen Öle, Treibstoffe, Säuren und Alkalien beständig zu sein. Unter Verwendung verschiedener neuer Stoffe gelingt es sogar, völlig gummifreie Feuchtraumleitungen herzustellen. Künstlicher Kautschuk wurde noch nicht elektrotechnisch erprobt. Hartgummi behauptet sich weiter durch seine chemische Widerstandskraft in der Elektrochemie. Durch Füllmassen kann seine Festigkeit erhöht werden, und besondere Zusätze machen ihn zu einem elektrischen Leiter. Wichtig sind die erfolgreichen Bemühungen, Gummi zuverlässig mit anderen Stoffen, und zwar nicht nur Metallen, sondern auch Glas und Kunststoffen zu verbinden. Z. B. hat die Auskleidung von Rohren und Gefäßen Fortschritte gemacht.

Anwendungen. Unmittelbar für die Anwendung sind Untersuchungen wichtig, die mit optischen Hilfsmitteln, z. B. durch Mikrophotographie, Einblick in den Gefügebau geben. Die Lösung der Kriechstromfrage wurde durch statistische Erhebungen im Gebrauch und durch Laboratoriumsversuche gefördert. Unter dem Gesichtspunkt der Heimstoffverwendung entstehen auf dem Gebiet der Kunstharzlacke neue Aufgaben. Mit Erfolg wurde versucht, Kunstseide und verwandte Stoffe als Umspinnung und als Einlage für Typ T zu benutzen. Der fortschreitenden Preßtechnik gelang es, nun auch so große Stücke wie Armaturentafeln von 1200 mm Länge zu fertigen. Kunststoffgekapselte Schaltgeräte mit Ölfüllung an Stelle von gußgekapselten Anlagen gewannen reifere Gestalt. Mit dem Strangpreßverfahren konnten Isolierungen für Oberleitungsstromschienen mit gegen früher stark verringerter Bauhöhe hergestellt werden; stranggepreßte Rohre scheinen sich auch in Leuchtröhrenanlagen einzuführen. Die nicht elektrischen Anwendungen, z. B. im Gerätebau und für Gleitlager, erforderten Versuche über Wärmeleitfähigkeit und mechanische Größen, wie die Dauerfestigkeit, sowie über die Dauerwärmebeständigkeit u. a., und rundeten so die allgemeine Kenntnis der Kunststoffeigenschaften ab. Eine schwierige Frage ist vorläufig noch die Nachbearbeitung; mehrere Untersuchungen bilden den Grundstein einer besonderen Kunststofftechnologie. Schließlich ist im ganzen festzustellen, daß sich die Kunststoffindustrie erfreulich entwickelt hat.

[2]) VDE-Fachberichte 1935, S. 129.
[3]) VDE 0320/1936; ETZ 57 (1936) H. 17, S. 403.
[4]) ETZ 56 (1935) S. 1311.
[5]) ETZ 56 (1935) S. 1312.
[6]) ETZ 57 (1936) H. 5, S. 134.

Elektrische Bahnen.

621. 331 (43)

Umfang der Elektrisierung.

Das elektrische Streckennetz der Deutschen Reichsbahn hatte zu Beginn des Jahres 1935 einen Umfang von 2070 km. Im Laufe des Jahres kamen 149 km hinzu. Am 1. 1. 1936 wurden demnach 2219 km ein- und zweigleisige Strecken elektrisch betrieben, d. s. etwa 4,5 % des gesamten Streckenumfanges. Der absoluten Größe nach steht der elektrische Betrieb im Vergleich mit den Angaben ausländischer Eisenbahnverwaltungen mit an erster Stelle. Am 10. 5. 1935 wurde die zweigleisige Strecke Augsburg—Nürnberg mit der in Reichelsdorf abzweigenden eingleisigen Güterbahn nach Nürnberg Rangierbahnhof, in einer Gesamtlänge von 146 km, dem Verkehr übergeben. Kurze Zeit später, am 1. 7. 1935, wurde der elektrische Betrieb auf der 3 km langen Strecke Schönebeck—Bad Salzelmen aufgenommen. Diese Bahn, die von der Strecke Magdeburg—Halle abzweigt, dient dem Ausflugsverkehr von Magdeburg aus. Gegen Ende des Jahres wurde die gesamte elektrische Streckenausrüstung für die Höllentalbahn Freiburg—Neustadt, mit Abzweigung Titisee—Seebrugg (Dreiseenbahn), die versuchsweise mit 50 Hz betrieben werden soll, fertiggestellt. Der Versuchsbetrieb wird eröffnet, sobald die elektrischen Lokomotiven angeliefert worden sind. Ganz besondere Beachtung verdient der im vergangenen Jahre von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft gefaßte Beschluß, die zweigleisige Durchgangsstrecke Nürnberg—Halle/Leipzig, mit insgesamt

Digitized by Google

350 km Länge, auf elektrischen Betrieb umzustellen. Damit ist die Verbindung des süddeutschen elektrischen Netzes mit dem mitteldeutschen hergestellt. Weiter geplant ist die Erweiterung über Halle hinaus nach Berlin. Sodann wurde auch die Elektrisierung der 25 km langen Strecke Stuttgart-Zuffenhausen—Weil der Stadt, mit dem zweigleisigen Ausbau der Strecke bis Renningen, beschlossen. Mit der Ausführung dieser Bauvorhaben gibt die Deutsche Reichsbahn vielen Volksgenossen wieder für längere Zeit Arbeit und Brot.

Kraftwerke.

In der Kraftversorgung der elektrischen Bahnen sind Erweiterungen oder Änderungen im verflossenen Jahre nicht vorgenommen worden. Die Strecke Augsburg—Nürnberg, die 1934 in Betrieb genommen wurde, kann von den süddeutschen Kraftwerken noch ausreichend mit Strom beliefert werden. Die dort zur Verfügung stehende Energie reicht sogar noch aus, um einen Teil des Kraftbedarfs der Strecke Nürnberg—Halle/Leipzig nach ihrer Inbetriebnahme zu decken. Darüber hinaus ist die Erweiterung des bahneigenen Kraftwerkes Muldenstein geplant, das infolge seiner günstigen Lage im mitteldeutschen Braunkohlengebiet die Erzeugung des Bahnstromes in billigster Weise erlaubt. Die Strecke Stuttgart-Zuffenhausen—Weil der Stadt wird noch vom Kraftwerk Münster in Verbindung mit den süddeutschen Kraftwerken mit Strom versorgt werden können.

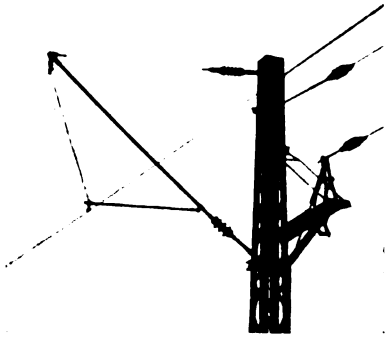


Abb. 1. Fahrdraht am Stützpunkt über Feder aufgehängt.

Unterwerke.

Die Speisung der Strecke Nürnberg—Halle/Leipzig wird nach ihrer Inbetriebnahme voraussichtlich über drei Unterwerke erfolgen, deren Lage noch nicht festliegt. Im vergangenen Jahre konnten die Versuche mit dem elastischen Umrichter 50/16⅔ Hz (Speisung der Strecke Freilassing—Berchtesgaden[1]) im bahneigenen Saalachkraftwerk zu einem erfolgreichen Ende geführt werden. Im Bahnkraftwerk Basel wurde ein starrer Umrichter für die Wiesentalbahn versuchsweise in Betrieb genommen. Der Umrichter kann später, falls erforderlich, für elastischen Betrieb eingerichtet werden. Am Schluß des Jahres waren die Arbeiten zur Errichtung eines elastischen Umrichters mit Schwingungskreis im Gange; er wird in einer Versuchsanlage in Pforzheim aufgestellt und vom 110 kV-Drehstromnetz des Badenwerkes gespeist. Seine Inbetriebnahme wird voraussichtlich Ende 1936 erfolgen.

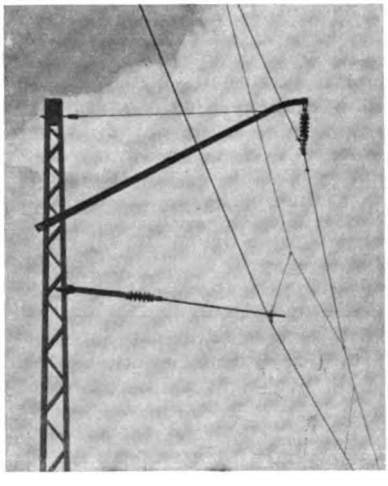


Abb. 2. Fahrdraht an Y-förmigem Beiseil aufgehängt.

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 710.

Fahrleitungen.

Nach wie vor wendet die Deutsche Reichsbahn der Durchbildung der Fahrdrahtanlagen besondere Aufmerksamkeit zu. Die auf Grund jahrelanger Erfahrungen entwickelte Einheitsfahrleitung hat den betrieblichen Anforderungen bisher voll entsprochen. Zum Befahren mit hoher Geschwindigkeit (über 130 km/h) ist sie dagegen ungeeignet. Infolge des fest nachgespannten Tragseiles ergibt sich zwischen zwei Stützpunkten bei hohen Temperaturen ein Durchhängen, bei niederen Temperaturen ein Hochziehen des Fahrdrahtes gegenüber der Normallage bei mittlerer Temperatur. Der Bügellauf bei hohen Geschwindigkeiten wird naturgemäß durch diese unterschiedliche Fahrdrahtlage ungünstig beeinflußt. Zur Vermeidung dieser Schwierigkeiten wurden verschiedene Verbesserungsvorschläge entwickelt. Soweit sie von der Deutschen Reichsbahn erprobt werden, seien sie nachstehend aufgeführt:

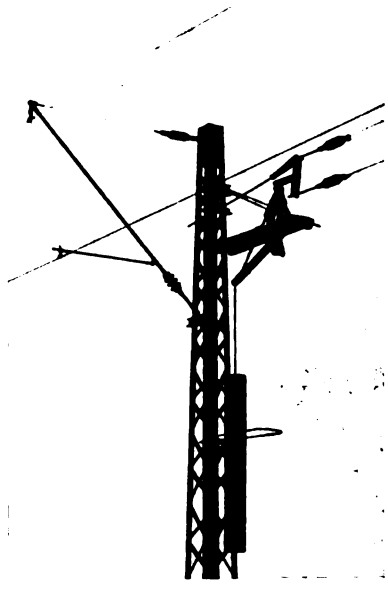


Abb. 3. Fahrdraht und Tragseil beweglich abgefangen.

1. der Fahrdraht wird über eine Feder elastisch am Stützpunkt aufgehängt (Abb. 1);
2. der Fahrdraht wird an einem Beiseil aufgehängt, das Y-förmig am Tragseil befestigt ist (Abb. 2);
3. Fahrdraht und Tragseil werden mit Gewichtsabspannungen beweglich abgefangen; die Mastausleger müssen daher drehbar angeordnet werden (Abb. 3);
4. das Seitenhalterrohr wird vermieden durch elastische Seitenverspannung des Fahrdrahtes unter Zuhilfenahme eines besonderen, seitlich verlegten Beiseiles (windschiefe Anordnung, Abb. 4).

Diese Systeme werden an zahlreichen Versuchsstellen zur Zeit erprobt. Daher kann noch nicht gesagt werden, welcher Ausführung der Vorzug zu geben ist.

Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten laufen die Versuche zur Verbesserung der Stromabnehmer. Stromabnehmer wurden entwickelt, die auch bei Geschwindigkeiten bis zu 160 km/h gleichen Anpreßdruck gewährleisten und den Winddruck herabmindern. Zur Vermeidung von Funkempfangsstörungen konnten im vergangenen Jahre weitere Triebfahrzeuge mit Kohleschleifstücken ausgerüstet werden. Der Abrieb dieser Schleifstücke bei Geschwindigkeiten über 100 km/h ist aber noch sehr groß. Versuche, die Verschleißfestigkeit zu erhöhen, sind im Gange. Sie lassen einen erfolgreichen Abschluß erwarten.

Fahrzeuge.

Im vergangenen Jahre sind folgende Fahrzeuge neu beschafft worden:

4 Schnellzuglokomotiven der Reihe E 04, Achsfolge 1 C_0 1,
4 Schnellzuglokomotiven der Reihe E 18, Achsfolge 1 D_0 1,
13 Personen-Güterzuglokomotiven, Reihe E 44, Achsfolge $B_0 — B_0$,
2 Güterzuglokomotiven, Reihe E 93, Achsfolge $C_0 — C_0$,
4 Verschiebelokomotiven, Reihe E 63, Achsfolge C,

Digitized by Google

28 zweiteilige Wechselstromtriebwagen für 120 km/h Höchstgeschwindigkeit,
2 Wechselstrom-Aussichtstriebwagen,
1 Triebwagen für den Stuttgarter Nahverkehr,

ferner

54 Steuerwagen (als Triebwagenanhänger).

In Auftrag gegeben wurden:

2 dreiteilige Wechselstromtriebwagen für 160 km/h,
13 dreiteilige Wechselstromtriebwagen für 120 km/h,
4 Wechselstromtriebwagen für den Stuttgarter Nahverkehr,
44 Triebwagen für die Berliner S-Bahn,
45 Beiwagen hierzu,
1 Versuchstriebwagen für 50 Hz zum Verkehr auf der Höllentalbahn.

Die im vergangenen Jahr in Betrieb genommenen Schnellzuglokomotiven der Reihe E 18 haben bisher den in sie gesetzten Erwartungen voll entsprochen. Beim Bau der Lokomotive konnte man auf den Motor der Baureihe E 04 zurückgreifen, der sich recht gut bewährt hat. Erstmalig wurde die E 18 mit elektrisch angetriebener Steuerung ausgerüstet, um den Lokführer von der immerhin starken körperlichen Beanspruchung zu entlasten, die das häufige Auf- und Abschalten, insbesondere bei der Fahrt mit hohen Geschwindigkeiten erfordert. Der Auflockerung des Personenverkehrs dienen die zahlreichen Triebwagen, die im Laufe des verflossenen Jahres in Betrieb genommen werden konnten. Als Besonderheit dürfen die beiden Aussichtstriebwagen gelten, die nach neu entwickelten Plänen gebaut wurden. Die Reisenden genießen von allen Plätzen ungehinderte Aussicht nach allen Richtungen (Abb. 5). Die Wagen werden zunächst zu Sonderfahrten in den bayerischen Gebirgsgegenden eingesetzt. Der ständig wachsende Zustrom der Reisenden beweist ihre Beliebtheit. Dem Schnellverkehr zwischen Berchtesgaden—Freilassing—München—Stuttgart dienen die neu entwickelten zweiteiligen Schnelltriebwagen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Sie werden erstmalig im Sommerfahrplan 1936 in Betrieb genommen. Ihre elektrische Ausrüstung ist die gleiche wie bei den Wagen für 120 km/h Geschwindigkeit[2]); doch sind sie in ihrer Form windschnittiger durchgebildet (Abb. 6). Die Wagen führen nur die 2. Klasse und werden im Plan der FD-Züge betrieben. Auf der Berliner S-Bahn wurde ein neu entworfener Zug ausgeprobt. Er besteht aus vier Trieb- und vier Beiwagen. Die Motorleistung wurde um 50 % gesteigert, die Geschwindigkeit konnte infolgedessen von 80 km/h auf 100 km/h erhöht werden[3]). Von den in Auftrag gegebenen 44 Trieb- und 45 Beiwagen werden je 10 Stück für 120 km/h Geschwindigkeit gebaut. Sie sollen auf der Strecke Potsdamer Bahnhof—Zehlendorf—Wannsee eingesetzt werden. An Triebwagen mit eigener Kraftquelle sind, soweit die Energieübertragung auf die Achsen elektrisch geschieht, im vergangenen Jahr 13 zweiteilige Einheiten der Bauart Hamburg in Dienst gestellt worden[4]); sie werden im Sommerplan 1936 den Verkehr Berlin—Hamburg, Köln—Berlin und Frankfurt—Leipzig—Berlin verstärken. Dreiteilige dieselelektrische Triebwagen, mit um 50 % gesteigerter Leistung gegenüber den vorher genannten, werden auf den Strecken Berlin—Beuthen, Berlin—München und Berlin—Stuttgart in Betrieb genommen.

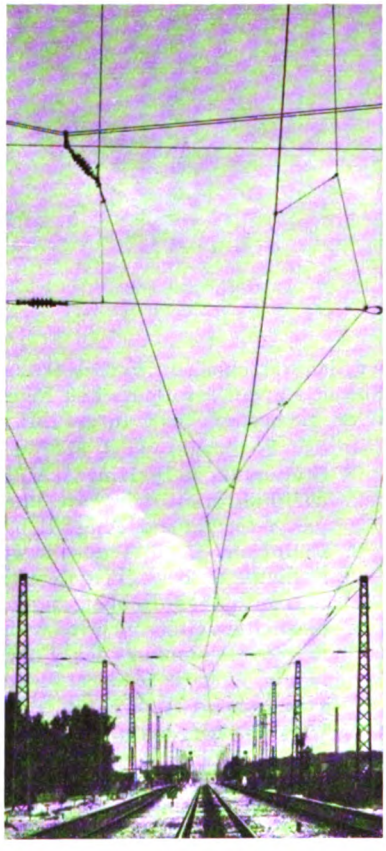


Abb. 4. Windschiefe Fahrleitung.

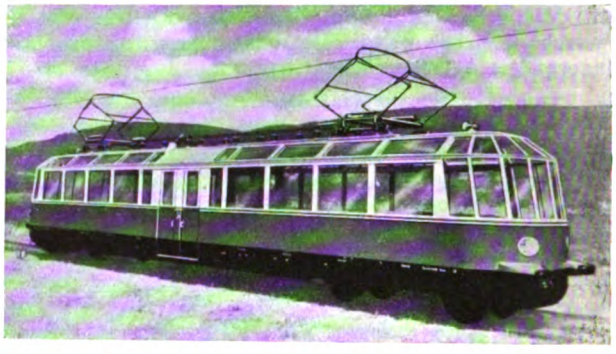


Abb. 5. Wechselstrom-Aussichtstriebwagen. $V_{max} = 120$ km/h.

Abb. 6. Wechselstrom-Schnelltriebwagen; $V_{max} = 160$ km/h.

Elektrotechnische Versuchsanstalt.

Die dem Reichsbahnausbesserungswerk Dessau angegliederte Versuchsabteilung wurde im Jahre 1934 als elektrotechnische Versuchsanstalt nach München verlegt. Im vergangenen Jahr wurde sie, ihrem erweiterten Aufgabenkreis entsprechend, wesentlich vergrößert. Zahlreiche Untersuchungen wurden vorgenommen, die sich über das ganze Gebiet der elektrischen Zugförderung erstreckten. So wurden Abnahmeversuche an elektrischen Triebfahrzeugen und an ortsfesten Schaltanlagen durchgeführt, Rundfunkstörquellen ermittelt und für Abhilfe gesorgt und Überspannungsmessungen in Kraft- und Unterwerken vorgenommen. Der Frage des Ersatzes der hochwertigen Fahr- und Speiseleitungen aus Kupfer durch heimische Rohstoffe wurde in unermüdlicher Forschungsarbeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Es würde zu weit führen, wollte man sämtliche Untersuchungsarbeiten hier aufzählen. Besonders erwähnenswert sind noch die Messungen, die an dem oben angeführten, im Saalachkraftwerk aufgestellten elastischen Umrichter $50/16^2/_3$ Hz vorgenommen wurden, um den Einfluß des Umrichters auf den Fahrbetrieb und die Schwachstromanlagen zu klären. Zur Zeit werden Untersuchungen auf der Höllentalbahn durchgeführt.

[2]) ETZ 56 (1935) S. 711.

[3]) ETZ 56 (1935) S. 1229.

[4]) ETZ 56 (1935) S. 1353.

Digitized by Google

Gleislose Fahrzeuge.

621. 335. 033. 4. 91 + 621. 335. 5

Oberleitungsomnibus.

Der Gedanke, das gleislose Fahrzeug mit elektrischem Strom aus einer Fahrleitung zu betreiben, stammt von dem deutschen Ingenieur Max Schiemann. Die erste gleislose Bahn wurde 1891 bei Königstein a. d. Elbe in Betrieb genommen. In den Jahren 1903 bis 1912 wurden noch weitere Anlagen dieser Art eröffnet. Leider haben sich solche Betriebe damals aus verschiedenen Gründen (Straßenverhältnisse, Mängel der technischen Ausrüstung) nicht durchsetzen können. Ihre Weiterentwicklung ist zunächst im Ausland gefördert worden und erst im Jahre 1930 wurde in Deutschland ein neuzeitlicher Obus-Betrieb auf der Strecke Mettmann—Gruiten eröffnet. In den nächsten Jahren folgten weitere Linien. Zahlentafel 1 gibt einen Überblick über den heutigen Stand der Obus-Betriebe in Deutschland.

Zahlentafel 1.

Betrieb	Streckenlänge km	eröffnet am	Anzahl der Wagen
Mettmann—Gruiten . . .	5,9	26. 8. 30	2
Idar—Tiefenstein	4,3	21. 2. 32	2
Spandau—Staaken	6,5	24. 12. 33	3
Steglitz—Marienfelde . . .	9	2. 5. 35	6

Bekanntlich war auch in anderen Ländern diese Notwendigkeit der Hauptgrund für die beschleunigte Umstellung auf Obus-Betrieb.

2. Die aus nationalwirtschaftlichen Gründen notwendige Umstellung auf heimische Kraftstoffe.

3. Die allgemeine technische Entwicklung der Omnibusse, gekennzeichnet durch die verkehrlichen und betrieblichen Forderungen:

   schnelles und stoßfreies Anfahren,
   Erzielung hoher Reisegeschwindigkeiten,
   geräusch- und geruchloser Lauf der Fahrzeuge.

Die Zahlentafel 2 gibt eine Übersicht über die elektrische Ausrüstung der bereits laufenden und auch der in jüngster Zeit bestellten Fahrzeuge.

Die Aufstellung zeigt, daß auch in technischer Hinsicht die Obus-Entwicklung in Deutschland noch nicht abgeschlossen ist. Sie kennzeichnet das Suchen nach der zweckmäßigen Lösung, das bisher allerdings noch nicht zu einer Durchbildung der elektrischen Ausrüstung nach einheitlichen Richtlinien geführt hat. Nur in einer Hinsicht kann zunächst eine einheitliche Linie festgestellt werden:

Zahlentafel 2.

Betrieb	Spannung V	Anzahl der Motoren je Wagen	Stundenleistung je Motor kW	Stundenleistung spez. kW/t[1])	Steuerung	Bedienung	Stufenzahl[2])	Bemerkungen
Mettmann—Gruiten	800	1	89	7,8	Schützensteuerung	nicht selbsttätig	7 (2)	
Idar—Tiefenstein .	750 ··· 850	2[3])	40	6,5	Starkstrom Walzenfahrschalter	nicht selbsttätig	7 (2)	Reihen-Parallel-Schaltung handbedienter Bremsschalter mit 4 Stufen für Widerstandsbremse auf Gefällestrecken
Spandau—Staaken .	550	2[4])	41	5,1	Schützensteuerung	nicht selbsttätig	9 (4)	Reihen-Parallel-Schaltung
Steglitz—Marienfelde	550	2	50	6,6	Nocken-Schaltwerk mit Motor-Antrieb	halbselbsttätig[5])	12 (3)	Reihen-Parallel-Schaltung
	550	1	108	6,6	Nockenschaltwerk mit Drehmagnetantrieb	selbsttätig[6])	8 (2)	
Oldenburg	550	1	57	5,7	Nockenschaltwerk mit Drehmagnetantrieb	selbsttätig[6])	7 (1)	
	550	1	60	6,0	Starkstrom-Nockenfahrschalter	nicht selbsttätig	17 (2)	
Insterburg	550	1	60	6,0	Starkstrom-Nockenfahrschalter	nicht selbsttätig	17 (2)	

[1]) Bezogen auf Wagengewicht bei voller Besetzung einschl. Personal (75 kg je Fahrgast).
[2]) In Klammern die Zahl der wirtschaftlichen Geschwindigkeitsstufen.
[3]) 2 Motoren in einem gemeinsamen Gehäuse, elektrisch und mechanisch getrennt.
[4]) 2 Motoren in einem gemeinsamen Gehäuse, elektrisch getrennt, aber gemeinsame Ankerwelle.
[5]) Am Fußschalter drei rastierte Steuerstellungen für folgende Stellungen des Schaltwerkes:
   Rangierstufe (beide Motoren in Reihe mit allen Widerständen)
   Halbe Fahrt (beide Motoren in Reihe ohne Widerstände)
   Volle Fahrt (beide Motoren parallel ohne Widerstände mit Feldschwächung).
   Siehe auch ETZ 56 (1935) S. 819.
[6]) Die selbsttätige Anfahrt kann durch Lüften des Fußhebels unterbrochen und so jede einzelne Stufe geschaltet werden.

Damit ist aber die Entwicklung noch nicht abgeschlossen. Erst in jüngster Zeit wurden weitere Aufträge für die Errichtung von Obus-Betrieben erteilt. In Oldenburg soll auf einer Streckenlänge von 12 km mit 7 Fahrzeugen und in Insterburg auf einer Strecke von 7,3 km Länge mit 3 Fahrzeugen der Obus-Betrieb noch in diesem Jahr aufgenommen werden. Diese jüngsten Vorhaben beweisen, daß im Rahmen der heutigen Bestrebungen auf dem Gebiet des Omnibuswesens dem Obus eine berechtigte Bedeutung zukommt. Seine künftige Entwicklung wird vornehmlich durch folgende Erscheinungen bedingt:

1. Ersatz veralteter Straßenbahnbetriebe (Gleisanlagen und Wagen).

In allen Fahrzeugen wird der Reihenschlußmotor verwendet. Im Gegensatz zu der überwiegenden Vorherrschaft des Verbundmotors in den Obussen anderer Länder wird in Deutschland der Hauptstrommotor vorgezogen. Er hat gegenüber dem Verbundmotor die Vorzüge des einfacheren Aufbaues, des kleineren Gewichtes und der größeren Betriebssicherheit. Der Verbundmotor gestattet zwar in einfacher Weise die Anwendung der Nutzbremsung. Das bedingt aber mit Rücksicht auf die Erwärmung bei gleicher Fahrleistung zunächst einen entsprechend größeren und schwereren Motor. Außerdem ist die Stromrückgewinnung gerade beim Obus aus folgenden Gründen verhältnismäßig gering:

Digitized by Google

Der Bewegungswiderstand ist erheblich größer als beim Schienenfahrzeug, und die Fahrweise, die theoretisch die günstigste Stromrückgewinnung ermöglicht, ist bei einem Straßenfahrzeug aus betrieblichen Gründen nicht möglich.

Die spezifische Motorgröße ist in hohem Maße von der Eigenart des Betriebes abhängig (Haltabstand, Art des Verkehrs, Reisegeschwindigkeit, Anfahrbeschleunigung, Neigungsverhältnisse). Von diesen Einflüssen macht sich bei kurzen und mittleren Haltabständen besonders die Höhe der Anfahrbeschleunigung bemerkbar. Wenn auch auf Grund der bekannten Vorzüge des Elektromotors die Anfahrbeschleunigung gegenüber dem Antrieb mit anderen Motoren wesentlich gesteigert werden kann, so ist doch eine gewisse Vorsicht aus folgenden Gründen am Platze:

Im Stadtverkehr kann die hohe Anfahrbeschleunigung aus betrieblichen Gründen nur selten voll ausgenutzt werden. Für stehende Fahrgäste können Unannehmlichkeiten eintreten; sie vergrößert die Motorleistung, der Motor wird also schwerer und teurer.

Es treten größere Spitzenlasten im Unterwerk und größere Spannungsabfälle in den Fahrleitungen auf.

Der durch Steigerung erzielbare Gewinn an Reisegeschwindigkeit ist wirtschaftlich begrenzt. Im Mittel dürfte eine Anfahrbeschleunigung von 1,0 m/s² (für das vollbesetzte Fahrzeug) den wirtschaftlichen und verkehrlichen Ansprüchen gerecht werden.

Die Frage, ob Ausrüstung mit einem oder zwei Motoren (mit Anfahrt in Reihenparallelschaltung), kann nicht allgemeingültig beantwortet werden. Hier spielen örtliche Verhältnisse (Halteabstand, Verkehrsverhältnisse, Strompreise) letzten Endes eine ausschlaggebende Rolle. Wird auf die Anfahrt in Reihenparallelschaltung verzichtet, dann schwankt der Mehrverbrauch bei Halteabständen zwischen 300 und 600 m etwa zwischen 20 und 12 %.

Auch die Verschiedenartigkeit der bisher ausgeführten Steuerungen zeigt deutlich das Suchen nach einer zweckmäßigen Form. Mit einer einzigen Ausnahme werden alle bisher gelieferten Steuerungen mittelbar gesteuert, d. h. der Fahrer bedient mit einem Fußhebel einen ein- oder mehrstufigen Fahrschalter (Meisterschalter), durch den die Starkstrom-Schaltgeräte (elektromagnetische Schütze, Nockenschaltwerke mit Motor- und Drehmagnetantrieb) gesteuert werden. Nur bei einer Lieferung (Idar—Tiefenstein) hat man die Anordnung so gewählt, daß der Fahrer mit dem Fußhebel unmittelbar einen Starkstromfahrschalter betätigt.

Die Bedienungsweise des gleislosen Fahrzeuges kann nicht ohne weiteres mit der eines Schienenfahrzeuges verglichen werden. Andere Betriebs- und Bewegungsverhältnisse gestatten dort dem Fahrer, durch Handsteuerung oder durch Vermittlung einer selbsttätig arbeitenden Steuerung in den meisten Fällen in fast geradliniger, je nach den Betriebsverhältnissen mehr oder minder großen Anfahrbeschleunigung die Geschwindigkeit des Fahrzeuges von Null bis zu einer bestimmten betriebsmäßigen Höchstgeschwindigkeit zu steigern.

Beim gleislosen Fahrzeug liegen die Verhältnisse grundsätzlich anders. Auf diese geänderten Verhältnisse wurde auch bei der Durchbildung der selbsttätig arbeitenden Schaltwerke Rücksicht genommen; denn die Beachtung der Fahrweise der anderen Verkehrsteilnehmer gestattet nicht, daß der Obus an jeder Haltestelle mit einer bestimmten Beschleunigung anfährt. Die selbsttätig arbeitenden Schaltwerke wurden daher so eingerichtet, daß es durch entsprechende Bedienung des Fahrschalters möglich ist, auch Zwischenstufen anzusteuern.

Nach den Betriebserfahrungen in den letzten Jahren werden bei der künftigen Durchbildung der Steuerungen noch in stärkerem Maße die betrieblichen Erfordernisse zu berücksichtigen sein. Die Steuerung müßte so ausgebildet werden, daß die Bedienung des Fußschalters derjenigen des Gashebels beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor weitgehend angeglichen ist. Diesen Forderungen kommt naturgemäß die nicht selbsttätige Steuerung am nächsten. Noch ist die Entwicklung nicht abgeschlossen und im Sinne der letztgenannten Bestrebungen werden bei der künftigen Gestaltung sicherlich auch die viel- oder feinstufige Anfahrt noch eine gewisse Rolle spielen.

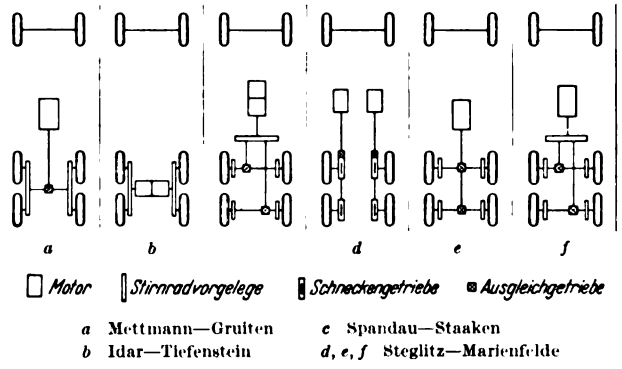


Abb. 1. Zusammenstellung der bisher in Deutschland ausgeführten Antriebe.

Die bisher ausgeführten Antriebsarten sind in Abb. 1 dargestellt. Mit zwei Ausnahmen sind es ausgesprochene Omnibusantriebe mit den üblichen Antriebsteilen (Kardanwellen und Ausgleichgetriebe). Die Übernahme der beim Omnibus mit Verbrennungsmotor üblichen Antriebsteile mag für die Erbauer der Fahrzeuge zwar einfach und bequem sein. Sie nutzt aber die Vorzüge des Elektromotors nicht aus. Der einfache Aufbau und die zuverlässige Arbeitsweise des Elektromotors erlauben einen unmittelbaren Radantrieb unter ausschließlicher Verwendung von Stirnradvorgelegen. Nach diesen Gesichtspunkten verdient die Ausführung nach *b* den Anspruch, einen grundsätzlichen Wandel für die Schaffung eines Obusantriebes vorbereitet zu haben.

Entsprechend dem größeren Bewegungswiderstand des gummibereiften Fahrzeuges ist auch der Stromverbrauch gegenüber dem Schienenfahrzeug entsprechend größer. Die Größe des Arbeitsverbrauches ist fast ausschließlich von den Strecken- und Verkehrsverhältnissen abhängig. Für Fahrzeuge in der bisher ausgeführten Größe liegt der Arbeitsverbrauch bei einem mittleren Haltabstand von 350 m und bei einer Reisegeschwindigkeit von etwa 22 km/h etwa zwischen 140 und 150 Wh/tkm (bei Anfahrt in Reihenparallelschaltung).

Elektrolastfahrzeuge.

Die Maßnahmen der Behörden[1]) sowie die von der Elektrowirtschaft und den beteiligten Industrien durchgeführte Aufklärungsarbeit über die vorteilhafte Verwendung haben der gleislosen Lastenförderung im Stadt- und Nahverkehr mit Elektrofahrzeugen einen neuen und kräftigen Anstoß gegeben. Voraussetzung hierfür war jedoch, dem neuesten Stande der Technik entsprechende und bezüglich ihrer Leistung sich dem jetzigen Stadtverkehr gut anpassende Bauarten; infolge der geringen Absatzmöglichkeiten war in dieser Beziehung in den letzten 10 bis 15 Jahren kein großer Fortschritt zu verzeichnen.

Nachdem in den letzten Jahren die bis dahin hauptsächlich dem Bau von Elektrokarren — dieser kleine, mit einem elektrischen Sammler als Kraftspeicher versehene Lastenförderer ist in Deutschland zu einer beachtlichen Vollkommenheit entwickelt worden und aus den Werkstätten, von den Bahnhöfen u. a. m. nicht mehr wegzu-

[1]) ETZ 56 (1935) S. 328. Reichsgesetzblatt I, S. 313.

Digitized by Google

denken[2]) — sich widmenden Firmen die Herstellung von Elektrolastwagen aufgenommen haben, sind in letzter Zeit Bauarten auf den Markt gebracht worden, die allen Anforderungen, die an ein im Nahverkehr zu verwendendes Fahrzeug zu stellen sind, entsprechen. Elektrolieferwagen und Lastwagen werden jetzt hergestellt für Nutzlasten von 1000 kg bis 6000 kg, ebenso Elektroschlepper für Anhängelasten bis 15 000 kg, die als Zugschlepper für das Ziehen von Anhängelasten mit einer genormten Zugkupplung, als Sattelschlepper mit einer über der Hinterachse angebrachten selbsttätigen Kupplung mit Trag- und Anlaufrollen ausgerüstet werden[3]).

Die Bauformen sind zunächst entsprechend den Wünschen der bis dahin hauptsächlichsten Abnehmer denjenigen von Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotoren angeglichen worden. Während bei letzteren infolge der Unterbringung des Motors vor dem Führerhaus die vorgebaute Haube erforderlich ist, kann das Elektrofahrzeug die Zweckform erhalten, d. h. das Fahrzeug läuft vorn in das Führerhaus aus[4]). Hierbei ist es möglich, den Laderaum zu vergrößern, ohne die Fahrzeuglänge zu verändern oder das Fahrzeug zu verkürzen, was im Stadtverkehr vorteilhaft ist; auch ergibt die Zweckbauform günstigere Belastungsverhältnisse für die Bereifung und läßt somit kleinere Abmessungen zu. Zu begrüßen wäre es daher, wenn die technische Entwicklung allgemein den zuletzt beschriebenen Weg gehen würde.

Der konstruktive Aufbau der Elektrofahrzeuge entspricht dem jetzigen Stande der Fahrzeugtechnik. Der Rahmen ist aus hochstegigen, U-förmig gepreßten Trägern aus Stahlblech zusammengeschweißt; auf eine weiche Abfederung mittels vier Blattfedern, von denen die Hinterachsfedern unter der Achse möglichst tief angeordnet sind, wird besonderer Wert gelegt. Die Vorderachse trägt auf den beiden Achsschenkeln die auf kegeligen Rollenlagern gelagerten Naben mit auswechselbaren Stahlblech-Scheibenrädern für Luftreifen. Die Räder werden von einer kräftigen Lenksäule mit großem Handrad gelenkt. Die Hinterachse besteht aus einem Getriebegehäuse, in dem das Ausgleichgetriebe sowie die Ausgleichwellen gelagert sind. Die Räder der Treibachse bei Fahrzeugen für mehr als 2000 kg Nutzlast haben Stahlfelgen für doppelte Luftbereifung. Meistens werden zwei mechanische Bremsen und eine elektrische Widerstandsbremse vorgesehen, letztere nur für Fahrt auf Gefällestrecken. Der Motor ist stark überlastbar und verleiht dem Fahrzeug in der Ebene eine Geschwindigkeit je nach Bauart von 25 bis 30 km/h. Kurze Steigungen bis zu 80 ‰ können befahren werden. Sollen längere oder stärkere Steigungen regelmäßig befahren werden, so wird meistens eine besondere Übersetzung eingebaut. Der Fahrschalter hat mehrere wirtschaftliche Fahrstellungen, die stromlos geschaltet werden, und eine Bremsstellung.

Für den im Fahrzeug mitzuführenden Kraftspeicher, den elektrischen Sammler, verwendet die Elektrofahrzeugindustrie einen zur Normung vorgeschlagenen Einheitstrog mit je 20 Zellen[5]). Bei Fahrzeugen bis zu 3 t Nutzlast werden zwei und bei Fahrzeugen mit größerer Tragkraft vier Tröge eingebaut. In der Regel können mit einer Sammlerladung bis zu 65 km zurückgelegt werden; durch kurzzeitige Nachladung, z. B. in der Mittagspause, kann die Fahrstrecke wesentlich erhöht werden. Die Auswechslung der Batterie ist mit einem Hubkarren leicht und in 3 bis 5 min durchführbar.

Für die Aufladung der elektrischen Sammler sind Lademaschinen bzw. Ladegleichrichter erforderlich. Die Elektrowirtschaft ist vereinzelt dazu übergegangen, öffentliche Ladestellen einzurichten, während einzelne Sammlerherstellungsfirmen Leihbatterien zur Verfügung stellen[5]); diese Maßnahmen werden die Einführung und die Haltung der Elektrolastfahrzeuge sehr unterstützen.

[2]) ETZ 56 (1935) S. 1229, 1389. ETZ 57 (1936) H. 10, S. 265, 272.
[3]) ETZ 57 (1936) H. 7, S. 169; H. 10, S. 275.
[4]) ETZ 56 (1935) S. 503, Abb. 1.
[5]) ETZ 57 (1936) H. 10, S. 267.

Elektrowärmetechnik.

621. 364/7

Kochgeräte und Heißwasserspeicher.

Bei einem Rückblick auf das seit dem letzten Bericht verflossene Jahr können wir mit Befriedigung feststellen, daß die Elektrowärmetechnik weiter fortgeschritten ist, sich viele neue Gebiete erobert hat, daß in vielen Fällen die Anwendung der Elektrowärme schon zur Selbstverständlichkeit geworden ist. So sind alle größeren neuerbauten Fahrgastschiffe unserer Handels- und Luftflotte mit Elektroküchen ausgerüstet worden[1]). Gerade bei dem neuen Luftschiff[2]) hat sich die Elektrowärme jeder anderen Heizungsart weit überlegen gezeigt, da durch das Fehlen jeder Flamme und glühender Teile — die Kochplatten aus Leichtmetall sind mit Regler ausgerüstet, der eine Überheizung der Platten unmöglich macht — die Küche in das Luftschiff ohne die umfangreichen Sicherheitsmaßnahmen eingebaut werden konnte, die bei den anderen Heizungsarten unbedingt erforderlich waren.

Für die Haushaltsküche hat die Industrie eine Neuerung in Form der isolierten Glühkochplatte geschaffen, die in drei vollkommen voneinander abweichenden Ausführungen auf dem Markt erschienen ist[3], [4], [5]). Allen drei Arten ist gemeinsam, daß der Heizleiter vollkommen in Isoliermasse eingebettet ist. Es besteht daher keine Gefahr, daß spannungführende Teile berührt werden, und es ist vollkommene Überlaufsicherheit gewährleistet. Außerdem konnte bei diesen Platten die Masse der Kochplatten sehr verringert werden, so daß bedeutend geringere Verluste durch Speicherung entstehen. Da diese Platten im normalen Betrieb Glühtemperaturen von etwa 800 ° erreichen, die Hauptwärmeübertragung also durch Strahlung erfolgt, ist es nicht mehr erforderlich, besonders starkwandiges Geschirr zu verwenden, sondern man kann mit dem normalen Küchengeschirr die gleiche Wirtschaftlichkeit erreichen.

Um auch den Kreisen, die nicht in der Lage sind, die Kosten für den Betrieb eines normalen Heißwasserspeichers aufzubringen, die Annehmlichkeit der elektrischen Heißwasserbereitung zugänglich zu machen, wurde ein neuer Heißwasserspeicher geschaffen, der eine Heizpatrone von nur 100 W besitzt. Infolge des kleinen Anschlußwertes bleibt der Speicher dauernd eingeschaltet und ermöglicht daher die Verrechnung der Stromkosten nach einem Pauschalsatz. Durch die Anordnung der Heizpatrone im oberen Teil des Speichers ist erreicht worden, daß dem Speicher bereits kurze Zeit nach vollständiger Entleerung wieder kleinere Heißwassermengen entnommen werden können.

Kühlschränke.

Als Fortschritt auf dem Gebiet der Elektrokühlung muß die Ausarbeitung eines Prüfverfahrens[6]) bezeichnet werden, welches gestattet, die verschiedenen Kühlschrankbauarten in bezug auf ihre Wärmewirtschaft-

[1]) ETZ 56 (1935) S. 813.
[2]) Vgl. ETZ 57 (1936) H. 13, S. 360.
[3]) ETZ 57 (1936) S. 460.
[4]) Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 192.
[5]) Elektrowärme 6 (1936) S. 90.
[6]) Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Elektrowärmetechnik an der T. H. Hannover, H. 16.

Digitized by Google

lichkeit zu untersuchen und miteinander zu vergleichen. Da die bisherigen Prüfverfahren einen Vergleich nicht zuließen, dürfte mit dieser Ausarbeitung einem fühlbaren Mangel abgeholfen sein. Sonstige bahnbrechende Neuerungen sind auf diesem Gebiet im verflossenen Jahr nicht zu verzeichnen gewesen. Dagegen kann man bei allen Kühlschränken immer wieder kleine Verbesserungen[7]) baulicher Art feststellen, deren Aufzählung jedoch über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausgehen würde. Es soll nur kurz darauf hingewiesen werden, daß der elektromagnetisch betriebene Kompressionskühlschrank[8]) sich gut bewährt und daß die Verbindung eines Kühlschrankes mit einem Elektroherd zu dem sog. Kühlschrankherd[9]) als zweckentsprechendes Küchengerät Anklang gefunden hat.

Industrieöfen.

Der anhaltende Wirtschaftsaufschwung hat der Entwicklung des elektrischen Industrieofens infolge von Neubau und Erweiterung der verarbeitenden Industrie starken Aufschwung gebracht[10]). Diese Entwicklung zeigt sich am ausgeprägtesten in dem Bestreben, sich von den Formen, die früher für andere Heizungsarten entwickelt worden waren, freizumachen und unter Ausnutzung der besonderen Vorteile der Elektrowärme neue Formen, sogar neue Arbeitsverfahren, zu entwickeln[11]). Die Unabhängigkeit des Elektroofens von Schornsteinanschluß und Brennstoffzufuhr, seine gute Wärmeisolation, die eine Belästigung der Arbeiter in seiner Nähe vermeidet, sowie die Möglichkeit, den Ofen in seiner Form den Erfordernissen des Werkstückes anzugleichen, hat dazu geführt, diese Öfen nicht mehr in gesonderten Räumen aufzustellen, sondern sie in den Fluß der Fabrikation einzuordnen, so daß unnötige Transporte vermieden werden. Aus diesen Gründen stellt eigentlich jede Neuanlage einen Fortschritt auf dem Gebiet des Elektroofenbaues dar.

Neu führt sich der Elektroofen auf dem Gebiet der keramischen Industrie ein[12]), nachdem genauere Untersuchungen über den Brennvorgang angestellt worden sind. Diese Untersuchungen haben gezeigt, daß der große Wärmeaufwand und die lange Brenndauer bei dem brennstoffgeheizten Ofen nur erforderlich sind, um die Sicherheit zu haben, daß alle Teile des Brenngutes auf die erforderliche Temperatur kommen. Bei dem Elektroofen kann jedoch die Erwärmung durch zweckmäßige Anordnung der Heizkörper in bedeutend kürzerer Zeit erreicht werden, zumal im Elektroofen Brennkapseln zum Schutz des Brenngutes gegen die Ofenatmosphäre, Staub und Asche nicht mehr erforderlich sind. Die Brennzeit konnte teilweise auf ein Zehntel und noch weniger der bisherigen Brenndauer verkürzt werden. Da diese Öfen infolge der hohen Temperaturen meist mit Siliziumkarbidstäben geheizt werden, ist das Interesse für das Verhalten derartiger Heizstäbe im Betrieb erwacht, und vom Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der T. H. Hannover sind umfangreiche Untersuchungen[13]) darüber angestellt worden, deren Ergebnisse in diesen Tagen veröffentlicht wurden.

Schweißen.

Je mehr sich die Punktschweißung in der Fabrikation durchsetzt, um so mehr geht das Bestreben der Schweißmaschinenhersteller dahin, neben neueren Universalschweißmaschinen[14]) Geräte zu schaffen, die dem jeweilig geforderten Verwendungszweck angepaßt sind. Aus diesem Bestreben heraus sind neuerdings verschiedene Formen von Punktschweißzangen entstanden, die Punktschweißung an großen Werkstücken gestatten, die nicht oder nur umständlich unter die gebräuchlichen Punktschweißmaschinen gebracht werden können[15]).

Von besonderer Wichtigkeit sind die Fortschritte, die die Elektroschweißung bei der Verarbeitung von Aluminium[16]) und seinen Legierungen gemacht hat. — Vollkommen neu ausgearbeitet wurde ein Verfahren zur Verschweißung zweier Drähte mittels schwingungsfreier Kondensatorentladung[17]), das besonders für Massenfabrikation geeignet erscheint.

Bei der Lichtbogenschweißung ist man bemüht, durch Entwicklung besonderer Schweißverfahren die Güte der Schweißverbindung immer weiter zu steigern. Für ein Sonderschweißverfahren[18]) ist die Güte dadurch anerkannt worden, daß der Dampfkesselrevisionsverein hierfür geringere rechnerische Sicherheitszuschläge zuläßt, als sie allgemein nach den Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel gefordert werden.

Raumheizung.

Auf dem Gebiet der Raumheizung sind die neu entwickelten Speicheröfen[19]), die als Speichermittel Wasser benutzen, besonders zu erwähnen, da sie infolge ihres geringen Gewichtes — etwa 12 bis 17 kg Ofengewicht für jede gespeicherte kWh — und ihrer guten Regelfähigkeit zweckmäßiger sind und sich daher leichter einführen lassen werden als die Öfen mit festen Speichermitteln. Als besonderer Vorteil ist bei ihnen noch hervorzuheben, daß diese Öfen hygienisch vollkommen einwandfrei sind, da kein Teil Temperaturen über 100 ° annimmt und Staubverbrennung infolgedessen nicht auftreten kann.

Messung und Regelung.

Bei den betriebsmäßigen Messungen mit Thermoelementen ist es stets als Nachteil empfunden worden, daß die sonst sehr genaue Messung durch die Temperatur der Kaltlötstelle stark beeinflußt wird. Aus diesem Grunde war es erforderlich, die Zuleitungen zum Instrument mittels der sehr teuren Kompensationsleitung auszuführen und das Instrument an einem Ort anzuordnen, der keinen größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt war. Nunmehr ist es jedoch gelungen, ein Thermoelement[20]) zu entwickeln, das im Bereich bis 150 ° keine nennenswerte Thermokraft besitzt. Dadurch ist es möglich, die Kaltlötstelle im Kopf der Thermoelementhülse anzuordnen und die Zuleitungen zum Instrument als Kupferleitung auszuführen. — Kurz sei noch auf das Zweifarbenpyrometer[21]) hingewiesen, das auch ohne Kenntnis des Emissionsvermögens des untersuchten Stoffes eine Temperaturmessung von 850 bis 2000 ° auf etwa 2 % genau ermöglicht und infolgedessen in der Elektrowärmeindustrie starke Beachtung finden wird.

Die jeweils in einem Auslaufspeicher noch vorhandene Heißwassermenge kann an dem angebauten Wasserstandszeiger stets genau abgelesen werden, während es für Überlaufspeicher, die ja stets ganz gefüllt sind, kein entsprechendes Anzeigegerät gab. Diesen Übelstand beseitigt der im vorigen Jahre neu herausgebrachte Wärmeinhaltsanzeiger[22]), der angibt, welcher Teil von der gesamten Wärmemenge, die im Speicher aufgespeichert werden kann, in jedem Augenblick noch zur Verfügung steht.

---

[7]) Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 281.
[8]) ETZ 57 (1936) S. 246.
[9]) ETZ 57 (1936) S. 446.
[10]) Siehe S. 757 dieses Heftes.
[11]) Elektrowärme 5 (1935) S. 147.
[12]) ETZ 56 (1935) S. 842; Elektrowärme 6 (1936) S. 30.
[13]) Mitteilungen des Forschungsinstituts für Elektrowärmetechnik an der T. H. Hannover, H. 17.
[14]) ETZ 56 (1935) S. 768.
[15]) Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 191.
[16]) Aluminium 17 (1935) S. 209.
[17]) ETZ 56 (1935) S. 579.
[18]) Wärme 58 (1935) S. 214. Elektroschweißg. 6 (1935) S. 166.
[19]) Elektrowärme 5 (1935) S. 280.
[20]) ETZ 57 (1936) S. 467.
[21]) Meßtechn. 10 (1935) S. 219.
[22]) ETZ 56 (1935) S. 870; Elektrowärme 5 (1935) S. 219.

Digitized by Google

Die Elektrizität in der Industrie.

621. 3 : 66/69

Die Anwendung der Elektrizität zur Erzeugung mechanischer Arbeit und Wärme in der Industrie hat im vergangenen Jahr beachtliche Fortschritte gemacht. Da es unmöglich ist, auf gedrängtem Raum den ganzen Bereich der Anwendungsmöglichkeiten erschöpfend zu erörtern, sollen im folgenden nur einige besonders bemerkenswerte Entwicklungen hervorgehoben werden.

Die Forderungen, die an die Regelfähigkeit von Großantrieben gestellt wurden, konnten durch die intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der elektrischen Gasentladungsgefäße in beachtlichem Ausmaß erfüllt werden. In erster Linie ist es die feinfühlige und stetige Steuerung mit kleinsten Energieimpulsen in den Gitterkreisen, die den Entladungsgefäßen eine Reihe neuer Anwendungsgebiete eröffnet. Diese Steuerungen sind so weit durchgebildet, daß man, von besonders gelagerten Fällen abgesehen, heute sämtliche Regelaufgaben von kleinsten bis zu größten Leistungen mit ruhenden Gittersteuerungen beherrscht. Die bemerkenswertesten Großanlagen auf dem Gebiet der Stromrichter[1]) sind zur Versorgung von Elektrolysen entstanden, wobei das Bestreben festzustellen ist, die Badspannung mit Rücksicht auf die günstigen Wirkungsgrade der Stromrichter bei höheren Spannungen zu erhöhen. So sind Aluminium-, Chlor- und Zinkelektrolysen in Betrieb gegangen mit Spannungen über 800 V. In der Tat ist festzustellen, daß heute von etwa 500 V an der Stromrichter zum beherrschenden Umformer für die elektrochemische Industrie geworden ist. Die größte derartige Anlage besitzt eine Gefäßleistung von 80 000 A (bei 550 V) mit einem Regelbereich von etwa 1 : 10, der lediglich durch die Gittersteuerung beherrscht wird. Diese ermöglicht es außerdem, den Strom selbsttätig auf einem bestimmten Wert zu halten.

Als das bemerkenswerteste Ergebnis der Entwicklung im letzten Jahr muß das Vordringen des Großstromrichters in das Gebiet der regelbaren Großantriebe bezeichnet werden. Dank seiner wirtschaftlichen Vorteile scheint er berufen zu sein, den Leonard-Umformer weitgehend zu ersetzen. Die Inbetriebsetzung einer durch Stromrichter gesteuerten Fördermaschine hat eindeutig bewiesen, daß der Stromrichter die erforderliche Betriebssicherheit für die Lösung dieser zum Teil recht schwierigen Aufgaben besitzt.

Die Vorteile, die der Stromrichter für Regelantriebe bietet, haben dazu geführt, daß zahlreiche Anlagen, darunter auch solche zum Antrieb von Walzenstraßen, im Entstehen begriffen sind. — Im Rahmen dieser Entwicklung der Entladungsgefäße darf aber nicht übersehen werden, daß im Gebiet kleiner Spannungen und hoher Ströme ein starker Wettbewerber im Trockengleichrichter entstanden ist, der heute ohne weiteres bei Spannungen, wie sie für galvanische Bäder usw. in Frage kommen, bis zu vielen tausend Ampere gebaut werden kann.

Die elektrische Antriebstechnik hat dank der wissenschaftlichen Durchdringung und systematischen Erforschung des gesamten Gebietes der industriellen Fertigung sich so vielseitig entwickelt, daß sie in steigendem Maße in benachbarte Gebiete eindringt. So tritt der elektrische Schiffsantrieb mit der Indienststellung der beiden Ostasienfahrer „Scharnhorst“ und „Potsdam“ als Ergebnis dieser Entwicklung in Erscheinung. Die beiden Schwesterschiffe[2]) haben eine Leistung von je 2 × 13 000 PS bei 160 bzw. 130 Schraubenumdrehungen/min. Die Wellen werden durch Synchronmotoren mit asynchronem Anlauf angetrieben. Die Antriebsleistung wird in Turbogeneratoren mit 6000 bzw. 3120 V erzeugt und den Motoren durch Kabel zugeleitet. Als Schalter sind Luftschalter verwendet. Ausgeschaltet wird nach vorherigem Entregen der Generatoren und Motoren. Die Betätigung der Schalter erfolgt von einem Leitstand aus, an dem auch die Betriebsinstrumente angeordnet sind. Auf „Potsdam“ ist erstmalig auch eine magneto-elastische Schubmeßeinrichtung eingebaut, die eine fortlaufende Messung des Schraubenschubes gestattet. — Der elektrische Antrieb arbeitet zur vollen Zufriedenheit der Reederei. Hervorgehoben werden die gute Manövrierfähigkeit, der erschütterungsfreie Lauf der Maschinen und der günstige Ölverbrauch.

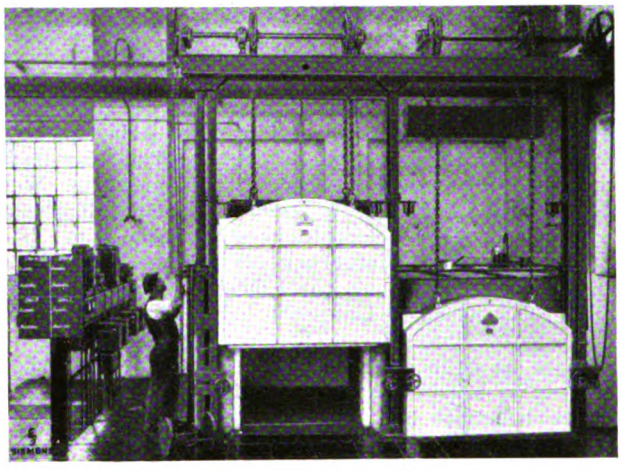


Abb. 1. Doppelkammerofen für Einsatzhärtung.

Die Notwendigkeit einer gesteigerten Ausnutzung aller Baustoffe brachte die Vorteile der Elektrowärme[3]) auf allen Industriegebieten immer mehr zur Geltung. Besonders hat sich der elektrische Widerstandsofen für die Aufgaben der thermischen Behandlung in beachtlichem Maße durchgesetzt. In der Maschinenindustrie führt sich der Elektroofen in erster Linie im Fahrzeug- und Motorenbau zur Oberflächenhärtung der hochbeanspruchten Werkstücke (Zementieren, Nitrieren usw.) sowie zu Vergütungszwecken ein. Bei Neuanlagen dieser Art werden in der Regel ausschließlich elektrisch betriebene Härtereien aufgestellt, da sie den Forderungen einer großen Temperaturgleichmäßigkeit, Genauigkeit der Einhaltung und leichten Regelbarkeit der Temperatur am besten genügen. Abb. 1 zeigt einen größeren Doppelkammerofen mit 120 kW Anschlußleistung zur Einsatzhärtung. Aber auch zum Härten und Anlassen von Werkzeug findet der Elektroofen immer mehr Eingang, wobei das Anlassen überwiegend in Öfen mit Luftumwälzung durchgeführt wird.

In der in den letzten Jahren zu großer Bedeutung gelangten Leichtmetallindustrie wird der Elektroofen sowohl zum Schmelzen als auch zur Wärmebehandlung verwendet. Bereits das Anwärmen der Walzteile und Preßblöcke wird im Elektroofen durchgeführt. Die Vergütung der Leichtmetall-Legierungen, bei der genaueste Einhaltung der Temperatur gefordert wird, findet teils in elektrisch geheizten Salzbädern, teils in steigendem Maße in Öfen mit Luftumwälzung statt. Auch die Wärmebehandlung von Rotmetallen, wie Kupfer und Messing, im Elektroofen hat zu weiteren Verbesserungen des Werkstoffes geführt. In den Betrieben der Stahlverarbei-

[1]) Vgl. a. S. 764 dieses Heftes.
[2]) ETZ 56 (1935) S. 809 u. 818.
[3]) Vgl. a. S. 779 dieses Heftes.

Digitized by Google

tung, insbesondere der Edelstähle, sind die Elektroöfen zu einer unentbehrlichen Einrichtung zur Herstellung hochwertigster Erzeugnisse geworden. Das Blankglühen von Bandeisen und Bandstahl wird fast ausschließlich im Elektroofen durchgeführt, wobei neuerdings mit bestem Erfolg Turmöfen mit Wärmeaustausch gebraucht werden.

Die Anwendung der Elektrowärme, die auf vielen Gebieten der Industrie schon weit vorgeschritten ist, steht auf anderen Gebieten erst im Anfang der Entwicklung. Die Bestrebungen gehen dahin, durch fortschreitende konstruktive Verbesserungen den elektrischen Widerstandsöfen, bei denen besonders die Möglichkeit weitgehender Anpassung an den jeweiligen Behandlungsvorgang gegeben ist, weitere Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen und auf den Gebieten, wo sie bereits eingeführt sind, ihre Wettbewerbsfähigkeit noch günstiger zu gestalten.

Lichttechnik.

621. 32

Von den lichttechnischen Arbeiten des letzten Jahres wurde die Tagung der Internationalen Beleuchtungskommission, die in der Zeit vom 2. bis 6. 6. in Berlin und vom 7. bis 10. 6. 1935 in Karlsruhe stattfand, in den Fachkreisen und in der Öffentlichkeit stärkstens beachtet. Über den Verlauf und die Ergebnisse der Tagung ist bereits berichtet worden[1]), so daß sich ein ausführliches Eingehen auf die gefaßten Empfehlungen an dieser Stelle erübrigt. Einzelne Beschlüsse werden noch an späterer Stelle dieses Berichtes erwähnt werden. Einen sehr guten Erfolg hatte auch die vom Amt „Schönheit der Arbeit" der NSG Kraft durch Freude in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrowirtschaft und der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft durchgeführten Werbung „Gutes Licht — gute Arbeit", die eine allgemeine Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse zum Ziele hatte[2]). Durch die Einführung der Doppelwendellampen für Allgemeinbeleuchtung wurde diese Werbung gut unterstützt. Die neuen D-Lampen[3]) geben die Möglichkeit, höhere Beleuchtungsstärken wirtschaftlicher als bisher zu erzeugen, da sie infolge ihres Doppelwendel-Leuchtkörpers bei gleicher Leistungsaufnahme wie die bisherigen Einfachwendellampen bis zu 20 % mehr Licht geben. Durch Verkürzung des Innenaufbaus konnten die äußeren Abmessungen der D-Lampen kleiner gehalten werden als die der entsprechenden Lampen der Einheitsreihe. Dadurch wurde gleichzeitig eine geringere Stoßempfindlichkeit erzielt.

Für verschiedene Sonderzwecke wurden neue Glühlampen geschaffen. Bei Lastkraftwagen und Omnibussen mit Dieselmotoren hatte sich wegen des hohen Leistungsbedarfes beim Starten eines Dieselmotors der Übergang zu 24 V-Anlagen als notwendig erwiesen. Für diese Anlagen mußten geeignete erschütterungsunempfindliche Glühlampen geschaffen werden. Besonders erwähnenswert ist hier die 24 V-Biluxlampe[4]). Infolge ihres verwickelten Aufbaus war die Erfüllung der gestellten Anforderungen — hohe Reichweite im Fernlicht, Blendfreiheit des abgeblendeten Lichtes und Erschütterungsunempfindlichkeit — besonders schwierig. Für das neue Luftschiff „Hindenburg" wurde eine Scheinwerferlampe von 32 V, 600 W für hängende Brennlage hergestellt, die in geeigneten Scheinwerfern zur Beobachtung des Geländes, zur Landungsplatzbestimmung und zur Geschwindigkeits- und Abtriftbestimmung dient[5]). Bei dieser Lampe wurde besonderer Wert auf Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen und auf hohe Leuchtdichte gelegt. Für Glühlampen hoher Leistungsaufnahme wurde eine neue Bauweise[6]) angewendet, bei der die Lampe ohne besonderen Sockel an zwei Stiften befestigt ist. In Deutschland haben diese Lampen jedoch — im Gegensatz zu Amerika — kein besonderes Interesse gefunden.

Beim Betrieb einzelner Glühlampen sehr hoher Leistungsaufnahme an Drehstromnetzen macht sich die ungleichmäßige Belastung der Leiter störend bemerkbar. Bei einer neuen 10 kW-Lampe (Abb. 1) wurde dieser Nachteil dadurch vermieden, daß drei Leuchtkörper eingebaut wurden, die in Sternschaltung geschaltet sind. — Für Grubenbeleuchtung wurde eine Glühlampe mit zwei Leuchtkörpern verschiedener Leistungsaufnahmen hergestellt.

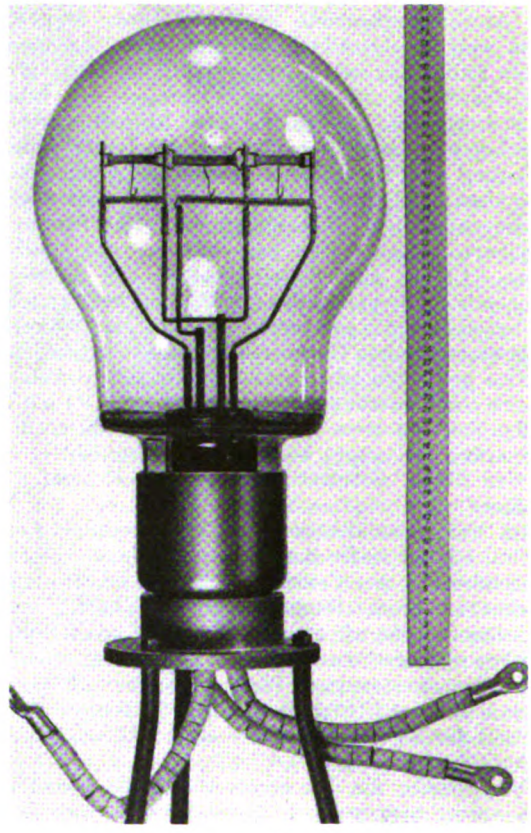


Abb. 1. 10 kW-Lampe für Dreiphasenanschluß.

Die Hauptwendel dieser Lampe wird in einer Leuchte verwendet, in die ein kleiner Akkumulator und eine Preßluftturbine mit angekoppelter Dynamo eingebaut sind. Für die Ein- und Ausfahrt liefert der vom Akku gespeiste Nebenleuchtkörper mit kleiner Leistungaufnahme (2,6 V, 0,5 A) die erforderliche Wegbeleuchtung. Vor Ort wird die Preßluftleitung an die Turbine angeschlossen. Der Akkumulator wird selbsttätig abgeschaltet, und die von der Dynamo gespeiste Hauptwendel (6 V, 15 W) liefert eine gute Arbeitsbeleuchtung. Beim Ausbleiben der Preßluft schaltet sich der Akkumulator selbsttätig wieder ein.

Bei allen Gasentladungslampen konnten innerhalb des letzten Jahres Fortschritte hinsichtlich der Lichtausbeute, Lebensdauer, Gleichmäßigkeit und Betriebssicherheit erzielt werden. Besonders groß sind die Vorteile, die sich durch die Anwendung der Leuchtphosphore ergaben. Bei Niederdruckröhren konnte durch geeignete Leuchtstoffe, die die unsichtbare ultraviolette Strahlung in sichtbares Licht umwandeln, die bisherige Lichtausbeute von etwa 10 HLm/W auf das Drei- bis Fünffache gesteigert

[1]) ETZ 56 (1935) S. 1088. Licht 5 (1935) S. 173 u. 225. Licht u. Lampe 24 (1935) S. 348 u. 368.
[2]) ETZ 56 (1935) H. 43. H. Steinwarz, Licht 6 (1936) S. 25.
[3]) M. Wolff, ETZ 56 (1935) S. 1151.
[4]) O. Höpke, Licht 6 (1936) S. 52.
[5]) E. Hilligardt, ETZ 57 (1936) H. 13, S. 354.
[6]) M. Wolff, ETZ 56 (1936) S. 1273.

Digitized by Google

werden[7]). Dieser Erfolg wurde dadurch erreicht, daß die Phosphore im Innern der Röhre aufgebracht wurden, um Absorptionsverluste der ultravioletten Strahlung im Glas zu vermeiden. Außerdem wurde bei der Auswahl der Leuchtstoffe darauf geachtet, daß diese nur einen möglichst geringen Teil des von der Entladung selbst erzeugten Lichtes absorbieren. Gleichzeitig mit der Steigerung der Lichtausbeute konnte die Lichtfarbe geändert werden. Es gelang, völlig neue Farbeffekte zu erhalten und insbesondere auch „weißes", tagesähnliches Licht[8]) zu erzielen. Hierdurch besteht auch die Aussicht, Gasentladungslichtquellen für Allgemeinbeleuchtung von Innenräumen zu verwenden. — Bei den Hochdrucklampen ist die Verbesserung der Lichtausbeute durch Verwendung der Phosphore nicht so groß wie oben beschrieben. Hier wird vor allem eifrig daran gearbeitet, mit Hilfe der Lumineszenzstrahlung die Lichtfarbe zu verbessern. Bei den normalen Quecksilber-Hochdruckröhren ohne Phosphore ist noch eine neue Type, die HgH 500 (Abb. 2), zu erwähnen[9]). Diese Lampe hat fast die gleichen Abmessungen und Form wie die ihr auch im Lichtstrom ungefähr entsprechende normale 300 W - Glühlampe. Bei einer Gesamtleistungsaufnahme von 150 W (einschließlich Drossel) liefert sie einen Lichtstrom von 5500 Hlm. Bei den übrigen Quecksilberdampflampen konnten die die Anwendung z. T. etwas einschränkenden Bestimmungen über die Brennlage erheblich gemildert werden. Die in letzter Zeit hergestellten Lampen können jetzt außer in senkrecht stehender bzw. hängender Lage auch in horizontaler und jeder beliebigen anderen Brennlage benutzt werden[9]).

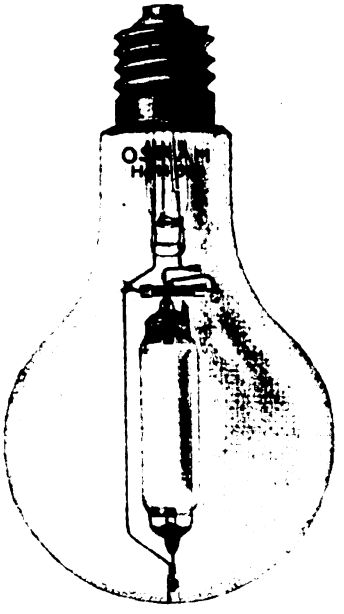


Abb. 2. Quecksilber-Hochdrucklampe HgH 500.

Mit der Verwendung von Quarz für das Entladungsgefäß waren höhere Dampfdrucke möglich. Dabei wurden ganz außerordentlich hohe Leuchtdichten erzielt[10]). Die Drossel bei Gasentladungslampen versuchte man bei der Sieray-Dual-Lampe[11]) dadurch zu vermeiden, daß in einem das eigentliche Entladungsrohr umschließenden zweiten Kolben eine Wolframwendel eingebaut wurde, die in Reihe mit der Entladungsröhre geschaltet ist. Durch das gleichzeitige Leuchten der Gasentladung und der Wolframwendel wird die Lichtfarbe gegenüber der des reinen Quecksilberlichtes verbessert, anderseits wird die Lichtausbeute dadurch schlechter. Da bei vorgegebener Netzspannung die elektrischen Daten der Wendel, die mit der Entladungsstrecke in Serie geschaltet werden kann, festgelegt sind, ist aber nur ein bestimmtes Mischungsverhältnis von Glühlampenlicht zu Quecksilberlicht möglich.

Zur optischen Abstimmung von Rundfunkempfängern wurden Glimmindikatorröhren mit drei und vier Elektroden hergestellt[12]).

Die Entwicklung der Kohlebogenlampen scheint mit der Einführung des Dreiräumeprinzips und der Doppelglocke einen gewissen Abschluß erreicht zu haben[13]). Bei den neuzeitlichen Beleuchtungsbogenlampen befindet sich der Bogen in einem durch eine lichtdurchlässige doppelwandige Glocke dicht abgeschlossenen Raum. Oberhalb und unterhalb dieses Raumes befinden sich Kondensationsräume, an deren kühleren Wänden sich die Verbrennungsrückstände sammeln. Durch die geringe Sauerstoffzufuhr wird eine Brenndauer von 120 h für einen Satz Kohlen erreicht. Bei der Gasbeleuchtung versuchte man, durch neue Brenner und besonders geformte Glühkörper den gesteigerten Ansprüchen zu genügen[14]).

Durch die Herausgabe der von der DLTG bearbeiteten Leitsätze als Din-Normblätter 5031 bis 5037[15]) sind die lichttechnischen Begriffe, die photometrischen und die für die Farbmessung anzuwendenden Verfahren einheitlich festgelegt worden. Für die Beleuchtung mit künstlichem oder Tageslicht sowie für die Messung und Bewertung von Beleuchtungsgläsern und Scheinwerfern sind in den Normblättern ebenfalls Richtlinien aufgestellt. Für die Messung von Leuchtröhren wurden auf der IBK-Tagung für subjektive Messungen ein trichromatisches Filterverfahren empfohlen, für objektive Messungen Sperrschichtzellen, deren spektrale Empfindlichkeit der internationalen Augenempfindlichkeitskurve angepaßt ist. Leider wurde eine Einigung auf ein bestimmtes Meßverfahren nicht erzielt[16]).

Die Sehfähigkeit im Natrium- und Quecksilberlicht wurde von R. G. Weigel[17]) geprüft. Es ergab sich, daß die Sehschärfe bei Natrium- und auch bei Quecksilberlicht höher ist als bei Glühlampenlicht. Auch die Wahrnehmungsgeschwindigkeit ist bei Natriumlicht am höchsten.

Als Lichtnormal wird nach einem Beschluß der IBK der schwarze Körper beim Erstarrungspunkt des geschmolzenen Platins gewählt[16]). Über die heterochrome Photometrie sind von R. G. Weigel[18]) und A. Kohlrausch[19]) Untersuchungen angestellt worden. — W. Arndt erhielt bei einem Vergleich zwischen Filter- und Flimmerverfahren systematische Abweichungen und schloß daraus, daß die internationale Augenempfindlichkeitskurve nicht ganz richtig festgelegt ist[20]). Zur schnellen Ausführung bestimmter photometrischer Messungen wurden verschiedene objektive Meßgeräte entwickelt, z. B. Reflexionsmesser[21])[22]), ein Gerät zur Messung des Lichtstroms von Geleuchten[22]) und ein Gerät zur selbsttätigen Aufzeichnung von Polardiagrammen für Lichtquellen und Leuchten[23]). Interessant ist auch die Verwendung der Braunschen Röhre zur Aufnahme von Polardiagrammen[24]). Objektive Farbmetrik wurde von Bertling[25]) vorgeschlagen.

In der Beleuchtungstechnik gewinnt die Verkehrsbeleuchtung ständig wachsende Bedeutung. Um die Sicherheit des Kraftwagenverkehrs zu erhöhen, hat es sich als notwendig erwiesen, die Blendung durch Kraftwagenscheinwerfer stärker als bisher zu bekämpfen. Die kürzlich vom Reichsverkehrsministerium herausgegebenen Anweisungen zur Prüfung von Scheinwerfern[26]) sollen die Polizeibeamten in die Lage versetzen, eine Überwachung der Ausrichtung der Scheinwerfer auf der Landstraße vornehmen zu können, da es sich herausgestellt hat, daß schlechte Ausrichtung der Scheinwerfer die Hauptursache der Blendung ist. — Die Industrie ist bemüht, die Verkehrssicherheit durch Schaffung verbesserter Beleuchtungsvorrichtungen zu erhöhen. Auf der Internationalen

[7]) Vortrag Krefft in der DLTG am 23. 4. 36.
[8]) H. Ewest, ETZ 56 (1935) S. 1225.
[9]) E. Summerer, Licht 6 (1936) S. 82.
[10]) W. Elenbaas, Z. techn. Physik 17 (1936) S. 61. ETZ 57 (1936) H. 21, S. 589.
[11]) Illum. Engr., Lond., 28 (1935) S. 348.
[12]) W. Heinze u. W. Pohle, ETZ 56 (1935) S. 917.
[13]) H. Groher, Licht 6 (1936) S. 85.
[14]) D. Chandler u. A. J. Prestage, Illum. Engr., Lond. 28 (1935) S. 316.
[15]) Licht u. Lampe 25 (1936) S. 52.
[16]) Licht 5 (1935) S. 225.
[17]) R. G. Weigel, Licht 5 (1935) S. 211.
[18]) R. G. Weigel, Licht 5 (1935) S. 15, S. 43 u. S. 71.
[19]) A. Kohlrausch, Licht 5 (1935) S. 259 u. 275.
[20]) W. Arndt, Licht 6 (1936) S. 75.
[21]) ETZ 56 (1935) S. 1177.
[22]) ETZ 57 (1936) H. 2, S. 36.
[23]) P. Grundfest, Licht 5 (1935) S. 123.
[24]) Light and Lighting 29 (1936) S. 8.
[25]) H. Bertling, Licht u. Lampe 24 (1935) S. 320.
[26]) Reichsverkehrsblatt Ausgabe B, Kraftfahrwesen Nr. 14 v. 7. 4. 36.

Digitized by Google

Automobilausstellung 1936 in Berlin wurde ein Scheinwerfer mit elliptischem Spiegel[27]) gezeigt, der ein weiter reichendes Fernlicht ergeben soll. Für den Nachtverkehr auf den Autobahnen wurde ein Weitstrahler auf den Markt gebracht[27]). Eine neue selbstleuchtende Karosseriefarbe[28]) dürfte sich außer für den Anstrich von Kraftfahrzeugen besonders dazu eignen, die beim Fahren mit abgeblendetem Licht schwer erkenntlichen Radfahrer dadurch früher sichtbar zu machen, daß man die äußersten Enden der Hinterradschutzbleche mit dieser Farbe anstreicht. — Außerdem wurden verschiedene Vorschläge gemacht, die normale Straßenbeleuchtung zu verbessern. Arndt[29]) will durch Leuchten mit geeigneter Lichtverteilung gleichmäßigere Horizontal- und Vertikalbeleuchtung schaffen. Um auch bei glänzender Straßendecke, insbesondere bei nassen Asphaltstraßen eine gute Sicht zu ermöglichen, wurde vorgeschlagen, großflächige, weißemaillierte Bleche, die von besonderen Leuchten angestrahlt werden, in geeigneten Abständen über der Straße aufzuhängen[30])[31]).

Für den Seeverkehr wurden selbsttätig arbeitende Leuchtfeuer eingeführt[32]). Interessant ist auch die neue Beleuchtungsanlage, die auf dem Flughafen Croydon eingerichtet wurde[33]). Die erforderlichen Lichtstärken und die günstigsten Lichtverteilungskurven für Flugstreckenfeuer wurden berechnet[34]).

In der Reklamebeleuchtung ergab die Verwendung der Fluoreszenzröhren[35]) interessante und werbetechnisch wirksame Effekte.

Neuere Untersuchungen über künstliche Beleuchtung zur Anregung des Pflanzenwachstums[36]) zeigten, daß ein frühzeitiger Beginn der Bestrahlung erforderlich ist, um gute Wirkungen zu erzielen. Die Bestrahlungsdauer erwies sich als wichtiger als die Beleuchtungsstärke. Die Bestrahlung soll außerdem möglichst anschließend an die natürliche Sonnenbestrahlung stattfinden. — Ein neues Gerät verwendet zur Wassersterilisation die U.V.-Strahlung einer Quecksilberhochdrucklampe in einem Quarzgefäß[37]). Das Gerät ist nach dem Durchflußprinzip gebaut und hat eine Leistung von 2000 l/h. Neue Geleuchte mit Lichtausstrahlung in zwei Richtungen[38]) und solche mit bandförmiger Lichtverteilung[39]) werden für Straßenbeleuchtung verwendet. Für Quecksilberdampflampen wurden ebenfalls neue Leuchten geschaffen[40]). Um dort, wo es nötig ist, die Lichtfarbe der HgH-Lampen zu verbessern, wurden Mischlichtleuchten hergestellt, die die gleichzeitige Verwendung von Glühlampen und HgH-Lampen ermöglichen[41]). Für staubige Betriebe wurde eine neue Leuchte entwickelt, bei der durch geeignete Formgebung das Eindringen von Staub und die Staubablagerung auf der Leuchte vermieden werden[42]).

[27]) ETZ 57 (1936) H. 11, S. 277.
[28]) DDAC Motorwelt 32 (1935) H. 15, S. 4.
[29]) W. Arndt, Licht u. Lampe 24 (1935) S. 319.
[30]) L. Schneider, Licht 5 (1935) S. 82.
[31]) E. v. d. Trappen, Licht 5 (1935) S. 246.
[32]) ETZ 56 (1935) S. 743.
[33]) ETZ 57 (1936) H. 1, S. 16.
[34]) H. N. Green, Illum. Engr., Lond., 28 (1935) S. 146 u. 157.
[35]) W. Stark, Licht 6 (1936) S. 10.
[36]) ETZ 56 (1935) S. 1418.
[37]) Licht u. Lampe 24 (1935) S. 284.
[38]) ETZ 56 (1935) S. 16.
[39]) Licht u. Lampe 25 (1936) S. 125.
[40]) ETZ 56 (1935) S. 1278.
[41]) Licht u. Lampe 24 (1935) S. 561.
[42]) Licht u. Lampe 24 (1935) S. 300.

Elektrisches Nachrichtenwesen.

621. 39

Zwischenstaatliche Zusammenarbeit.

In der Zeit vom 20. bis 25. 5. 1935 fand in Stockholm eine Zusammenkunft der Ostsee-Anliegerstaaten statt, bei der eine Vereinbarung über die Wellenbenutzung im Seefunksprechverkehr in der Ostsee getroffen wurde.

Im folgenden Monat (11. bis 15. 6.) tagte in Bern ein gemischter Ausschuß CCIF-CCIT-CCIR-CEI, der sich mit der Neuaufstellung der von der Commission Eletrotechnique Internationale (CEI) im Jahre 1931 herausgegebenen Liste der internationalen Bildzeichen (Teil 3: Schwachstrom) befaßte. Die Vorschläge dienten als Grundlage für die neue, vom Studienausschuß 3 der IEC auf seiner Tagung in Brüssel (24. bis 29. 6. 1935) fertiggestellte und gebilligte Bildzeichenliste.

Während der Berichtszeit fand ferner in Paris (13. bis 18. 1. 1936) die 4. Vollversammlung des CMI statt (Commission Mixte Internationale pour les expérience relatives à la protection des lignes de télécommunication et des canalisations souterraines) und behandelte Fragen, deren Art durch den langen Titel der Commission deutlich umrissen ist.

Die technischen Berichterausschüsse des CCIF hatten sich London als Tagungsort (18. bis 28. 2. 1936) erwählt und bereiteten dort in erschöpfenden Besprechungen die technischen Empfehlungen für den Fernsprechweitverkehr vor, welche die Vollversammlung zu Kopenhagen im Juni dieses Jahres genehmigen und den Mitgliederstaaten zur Beachtung ans Herz legen soll.

Erwähnung verdient ferner die erste zwischenstaatliche Vereinigung der Rundfunkkörperschaften, die auf Einladung der Union Internationale de Radiodiffusion vom 27. 2. bis 7. 3. 1936 in Paris stattfand. Dort wurden die Fragen erörtert, die infolge der schnellen Entwicklung des Rundfunks auf kurzen Wellen zu internationaler Bedeutung gelangt sind.

Auf allen genannten Kongressen war die Deutsche Reichspost vertreten.

Telegraphie.

Die Telegraphiergeschwindigkeit der Springschreiber (Fernschreibmaschine) wurde zwischenstaatlich einheitlich auf 50 Baud festgelegt. Damit sind die Betriebsschwierigkeiten, die sich beim Verkehr zwischen Fernschreibteilnehmern verschiedener Länder ergaben, beseitigt. Das deutsche Teilnehmer-Fernschreibenetz ist auf Grund der günstigen Ergebnisse des Versuchsbetriebes Berlin—Hamburg erheblich erweitert worden. Es bestehen z. Z. Fernschreib-Knotenämter in Berlin, Hamburg und Dortmund, Vermittlungsämter in Düsseldorf, Essen, Köln, Magdeburg und Bremen. Die Gebührensätze für die in Frage kommenden Entfernungen sind festgelegt worden. Wie im Fernsprechverkehr sind auch hier die Gebühren der Nachtzeit um ein Drittel geringer. Um Teilnehmer auch außerhalb des Bereichs eines Vermittlungsamtes — sogenannte Fernanschlüsse — ohne zu großen Aufwand anschalten zu können, werden Einrichtungen erprobt, die die Benutzung einer gemeinsamen Fernanschlußleitung durch mehrere Teilnehmer erlauben.

Zur Abgabe von Telegrammen an Schiffe von Fernschreibstellen aus ist die Küstenfunkstelle Norddeich an das Fernschreib-Knotenamt Hamburg angeschlossen worden. Der bestehende Teilnehmer-Schreibverkehr mit den Niederlanden und der Schweiz ist weiter ausgebaut, der Verkehr mit Dänemark neu aufgenommen worden. Die Aufnahmefähigkeit der Fernkabel für Telegraphenverbindungen wurde durch die Einführung einer 18fachen Wechselstrom-Telegraphie (bisher 12fach) erheblich erhöht. Ein tragbares Bildtelegraphengerät wurde geschaffen, um bei besonderen Ereignissen von beliebigen Orten unter Benutzung des Fernsprechnetzes Bildtelegramme senden zu

Digitized by Google

können. Das Gerät wurde bei den Olympischen Winterspielen in Garmisch mit gutem Erfolg eingesetzt. Das europäische Bildtelegraphennetz wurde durch die Aufnahme des Verkehrs zwischen der Bildstelle Köln und den französischen Bildstellen in Straßburg, Lyon, Toulouse, Marseille, Bordeaux und Nizza erweitert.

Der Umfang des deutschen Telegrammverkehrs einschließlich des Funktelegrammverkehrs mit dem Auslande hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert, der Anteil der Brieftelegramme ist im Steigen begriffen.

Fernsprechwesen.

Das Bestreben, die technischen Vorteile des Vierdrahtbetriebes nach Möglichkeit auch für kürzere Leitungen bis herab zu 300 km auszunutzen, führt zu einem Mehrbedarf an Vierdrahtkreisen in den Fernkabeln. Diese Entwicklung hat zu einem Aufbau der Kabel geführt, bei dem die zu einer Übertragungsrichtung gehörenden Einheiten gegen die der anderen Übertragungsrichtung eine besondere elektrostatische Abschirmung erhalten, deren Wirkung noch durch abschnittsweise Änderung der Drallrichtung erhöht wird. Als Ausgleichs- und Ergänzungskondensatoren werden neuerdings Goldglimmerkondensatoren verwendet, die eine besonders große Unempfindlichkeit gegen Luftfeuchtigkeit und Temperaturänderungen aufweisen.

Die Arbeiten auf dem Gebiet der Mehrfachausnutzung von Fernkabelleitungen durch Trägerströme werden fortgesetzt. Das Zweiband-Fernsprechen auf leichtbespulten Leitungen wurde in der Berichtszeit erstmalig in Betrieb genommen.

Um die Verbreitung des Fernsprechers zu fördern, sind nunmehr auch in Deutschland Einrichtungen für den Gemeinschaftsbetrieb von Fernsprechanschlüssen entwickelt worden. Ihr Wesen besteht darin, daß mehrere Teilnehmer eine gemeinsame Anschlußleitung zur Vermittlungsstelle benutzen. Für den Wenigsprecher, der wegen seiner geringen Gesprächszahl keine eigene Anschlußleitung benötigt, oder für Teilnehmer, die infolge großer Entfernungen von der nächsten Vermittlungsstelle erhebliche Leitungszuschläge zahlen müssen, kann durch Gemeinschaftsschaltungen eine fühlbare Verbilligung erzielt werden. Mit Einrichtungen für Zehner- und Zweieranschlüsse werden größere Betriebsversuche unternommen. Die Ausnutzung der Überweisungsleitungen ist durch Wechselstromübertragungen verbessert worden, wodurch die Vierer der Leitungen zwischen den Fernämtern und den angeschlossenen Wahlämtern ausgenutzt werden konnten.

In Berlin wird z. Z. eine selbsttätige Zeitansagevorrichtung betrieben, die von den Fernsprechteilnehmern angewählt werden kann. Über eine Photozelle wird mittels Tonfilm, der von einer Normaluhr gesteuert wird, selbsttätig die Zeit angesagt.

Zur Ersparung ausländischer Rohstoffe werden in zunehmendem Maße Teile von Fernsprechapparaten, die in großem Umfange laufend gebraucht werden, z. B. Fingerscheiben und andere bisher aus Messing gefertigte Teile aus geeignetem Preß- und Hartmaterial hergestellt.

Der Fernsprechverkehr zwischen Deutschland und Island wurde über die neue Funkverbindung Kopenhagen—Reikiawyk aufgenommen. Über eine Funkverbindung nach London hat Island Anschluß an das englische Fernsprechnetz erhalten. Eine Neuerung im Auslands-Fernsprechdienst, besonders auf den Funklinien, ist in Holland eingeführt worden. Auf Wunsch der Teilnehmer wird dort gegen eine Sondergebühr eine Schallplattenaufnahme des Gesprächs hergestellt und dem Teilnehmer ausgehändigt.

Die Entwicklung des innerdeutschen Fernsprechverkehrs ist gekennzeichnet durch den Zugang von etwa 200 000 Sprechstellen innerhalb des letzten Jahres. Die Gesprächszahlen zeigen ein entsprechend günstiges Bild; die auf einen Anschluß entfallende Gesprächszahl liegt höher als im Vorjahr.

Funkwesen.

Die Rundfunksender Leipzig und Heilsberg wurden für den Betrieb mit 300 kW-Röhren in der Endstufe eingerichtet. Ein neuer Sender wurde in Koblenz gebaut, während der Sender Gleiwitz eine neuzeitliche technische Einrichtung erhielt. Die Leistung des Senders Heilsberg ist durch den Umbau auf 100 kW erhöht worden. Die Sender Leipzig, Heilsberg, Koblenz, Gleiwitz, Trier und Flensburg haben schwundmindernde Antennen erhalten. Der behelfsmäßige in Saarbrücken aufgestellte Sender wurde im Dezember durch die endgültige 17 kW-Anlage ersetzt. Im Bau befinden sich Sender in Stolp (Pommern) und in Reichenbach (Oberlausitz).

Die Untersuchungen der Fragen des Gleichwellenrundfunks, besonders die Klärung der Vorgänge in den Verwirrungsgebieten wurden fortgesetzt. Auf Grund der Ergebnisse ist ein neues Gleichwellensystem entwickelt und erprobt worden. Die Einrichtungen für den hochfrequenten Drahtfunk werden unter Ausnutzung der Erfahrungen mit den bestehenden Versuchszentren weiterentwickelt.

Für die Zubringerleitung zum Rundfunkleitungsnetz sind tragbare Netzanschlußverstärker sowie Meß- und Überwachungseinrichtungen geschaffen worden. Um die Vorbereitung wichtiger Übertragungen von Kundgebungen und Veranstaltungen zu erleichtern, hat die Deutsche Reichspost einen Übertragungswagen in Betrieb genommen und erstmalig beim Reichsparteitag und Erntedankfest eingesetzt.

Die Darbietungen für den Gemeinschaftsempfang werden in größeren Orten nach Möglichkeit in tonfrequenter Form über Ortsleitungen den Verstärkern und Lautsprechern in Versammlungsräumen und auf Aufmarschplätzen zugeführt. Die erste Anlage dieser Art ist in Berlin fertiggestellt worden.

Der Zugang an Rundfunkteilnehmern betrug im abgelaufenen Jahr wiederum rund 1 Mill. Am 1. 4. 1936 war ein Stand von über 7,5 Mill erreicht.

Fernsehen.

Die Entwicklung der Fernsehtechnik hat in Deutschland zur Aufnahme programmäßiger Sendung über Fernkinosender sowie auch unmittelbar über Lichtstrahlabtastsender geführt. Infolge des Brandunglücks auf der Funkausstellung, dem die Ultrakurzwellensender zum Opfer fielen, mußte der Programmbetrieb auch für die jedermann zugänglichen Empfangsstellen (Fernsehstuben) in Berlin und Potsdam kurze Zeit ruhen. Zur Untersuchung der Ausbreitungsvorgänge der Ultrakurzwellen und der Versorgungsmöglichkeit größerer Gebiete mit Fernsehsendungen hat die Deutsche Reichspost eine fahrbare Sendereinrichtung bereitgestellt. Am 1. 3. wurde über ein besonderes Kabel der Fernsehsprechdienst zwischen Berlin und Leipzig eröffnet. Dem Bau dieser langen Strecke waren erfolgreiche Versuche auf einem kurzen Fernsehkabel vorausgegangen. Untersuchungen über die Benutzung gewöhnlicher Fernsprechkabel für die Übertragung von Fernsehsendungen über kurze Entfernungen sind im Gange. Weiter laufen Versuche mit neuen Aufnahmeeinrichtungen unter gleichmäßiger Erhöhung der Zeilenzahl.

Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Starkstromanlagen.

Ein nach den Empfehlungen des CCIF gebauter Geräuschspannungsmesser (Psophometer) ist im Berichtsjahr eingehend erprobt worden. Mit Hilfe dieses Gerätes wurden an Hochspannungsleitungen, insbesondere 100 kV-Leitungen, umfangreiche Messungen vorgenommen, die zu dem Ergebnis führten, daß auch für die genannten Spannungen die bestehenden VDE-Leitsätze angewendet werden können.

Digitized by Google

Akkumulatoren.

621. 355

Der Vorjahresbericht[1]) betonte, daß die beiden Grundtypen, der Bleiakkumulator und der alkalische Nickel-Kadmium- bzw. Nickel-Eisen-Akkumulator, in der Hauptsache das Feld beherrschen. Im vergangenen Jahr hat sich weiter erwiesen, daß die hier und da aufgetauchten Neukonstruktionen mit anderen Elektrodenmetallen oder anderen Elektrolyten sich vorläufig nicht einführen können, da ihnen Mängel anhaften. Praktisch bleibt also für die verschiedenen Anwendungsgebiete zu wählen zwischen den Bleiakkumulatoren und den alkalischen Nickel-Kadmium- bzw. Nickel-Eisen-Akkumulatoren.

Immer mehr Eingang finden alkalische Batterien für die Zwecke, bei denen die Forderungen nach niedrigerem Gewicht, Robustheit im Betrieb und Unempfindlichkeit dies angezeigt erscheinen lassen. In Grubenbetrieben, für Zugbeleuchtung, Karrenbatterien usw. ist dies schon länger der Fall. Neu sind jedoch alkalische Batterien als Anlaß- und Beleuchtungsbatterien, ein Gebiet, das bisher fast ausschließlich den hierfür besonders entwickelten Bleibatterien vorbehalten war. Den Schwierigkeiten, die in bezug auf Spannungsabfall bei Entnahme sehr hoher Ströme vorhanden waren, ist mit Erfolg begegnet worden, so daß die elektrischen Leistungen die gleichen sind. Immerhin wird die Verwendung auf diesem Gebiet eine beschränkte bleiben, da beim normalen Serienwagen der höhere Preis der alkalischen Batterie ein Hindernis bildet. Die Austauschmöglichkeit der normalen Bleistarterbatterien gegenüber Nickel-Kadmium-Starterbatterien ist gegeben, da die alkalischen Batterien sich den genormten Batteriegrößen angepaßt haben. So finden wir heute vielfach bei Sonderfahrzeugen alkalische Batterien, beispielsweise bei Omnibussen von Verkehrsgesellschaften und schweren Lastfahrzeugen.

Erhöhtes Interesse galt im letzten Jahr den Fahrzeugakkumulatoren[2]). Schon im Vorjahre wurde über die Bestrebungen berichtet, eine großzügige Werbung für das Elektrofahrzeug durchzuführen. Weiterhin wird auch anzustreben sein, das Gebiet der Lieferwagen im Stadtverkehr für den elektrischen Antrieb zu gewinnen. Als Beispiel mögen die Vorgänge in England dienen, wo man sich diesem Gebiet mit besonderer Liebe zuwendet. Als Batterien sind die leichten Gitterplattenbatterien der Bleitype in erster Linie vorgesehen, die durch Normung austauschbar sind und so das „Elektrotanken" erleichtern sollen[3]).

Ein neues Anwendungsgebiet für Akkumulatoren, wie sie für Straßenfahrzeuge entwickelt sind, ist auch in den Oberleitungsomnibussen gegeben[4]). Besonders in England gebräuchliche Oberleitungsomnibusse besitzen zwei für die Beleuchtung parallel geschaltete Batterien von je rd. 30 V. Für den Notfall, zu besonderen Ausweichmanövern oder bei Störungen, werden die Batterien hintereinander geschaltet und können nun Fahrstrom für die Motoren liefern, bis die eingetretenen Vorkommnisse überwunden sind[5]). In ähnlicher Weise wird bei Schienen-Schnelltriebwagen in Deutschland die Anwurfbatterie der Dieselmotoren benutzt, um bei vorkommenden Fällen den Triebwagen bis zur nächsten Station fahren zu können.

Auf dem Gebiet der Schienenfahrzeuge ist nach wie vor die Bleibatterie vorherrschend, und zwar in den bisher entwickelten bewährten Formen. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat Aufträge auf Kleinlokomotiven mit Akkumulatoren für Unterwegsbahnhöfe bestellt. Für diese Zwecke sind diese Lokomotiven besonders geeignet, weil ihre Bedienbarkeit außerordentlich einfach ist und ihre Zuverlässigkeit von keinem anderen Schleppmittel übertroffen wird. Die Akkumulatorlokomotive wird zunächst auf den elektrisierten Strecken der Reichsbahn eingesetzt, da hier billiger Bahnstrom zur Aufladung der Batterien zur Verfügung steht und somit der Betrieb außerordentlich wirtschaftlich wird. Auf den Bahnhöfen dieser Strecken wäre es nicht wirtschaftlich, die Verschiebegleise mit Fahrleitungen auszurüsten, und daher müssen auch auf diesen Strecken Lokomotiven benutzt werden, die unabhängig von der Fahrleitung sind.

Infolge der günstigen wirtschaftlichen Lage der Schwerindustrie hat auch die Einführung von großen gemischten Akkumulatorlokomotiven, die ihren Strom teils der mitgeführten Batterie, teils einer Oberleitung entnehmen, auf Grund der mit dieser Antriebsart bisher gemachten günstigen Erfahrungen auf den großen Hüttenwerken weiter zugenommen. Der erwähnte gemischte Antrieb führt sich auch immer mehr für Grubenlokomotiven ein, die den Strom aus der Batterie entnehmen, wenn sie auf den schlagwettergefährdeten Strecken mit reinem Batteriestrom fahren[6]).

Anzustreben wäre, auch für den Zubringerdienst auf Nebenstrecken die sich seit Jahrzehnten bewährten Akkumulatortriebwagen mehr zu verwenden, um auch hierdurch billige elektrische Energie zu verwerten. Auch in anderen Ländern ist das Interesse für solche Fahrzeuge sehr groß[7]).

Schließlich ist zu erwähnen, daß der akkumulatorelektrische Antrieb auch für Bootsbetriebe ein erweitertes Anwendungsgebiet gefunden hat. So wurde die bekannte Akkumulator-Bootsflotte auf dem Königssee verstärkt. In Norddeutschland ist auf dem Maschsee bei Hannover eine Akkumulator-Bootsflotte im Entstehen.

Die Sicherheit, welche in Stromversorgungsanlagen durch ortsfeste Batterien gewährleistet wird, erhellt durch eine Mitte Januar d. J. in New York aufgetretene Störung im Netz der Elektrizitätsversorgung. Die gesamte Stromlieferung der Hell-Gate-Station war unterbrochen. Dagegen konnte eine Anzahl lebenswichtiger Betriebe durch die dort eingebauten Notstrombatterien ungestört weiterarbeiten. Diese Batterien haben ihren Wert erneut glänzend bewiesen.

An Neukonstruktionen, auch an Einzelteilen, sind im Berichtsjahr wesentliche Änderungen nicht festzustellen gewesen. Ein großes Anwendungsgebiet haben sich die mikroporösen Hartgummischeider (Miporscheider) erworben.

Erwähnt seien noch die Bestrebungen, eine Reihe von neuen Werkstoffen für die Herstellung von Zellengefäßen von Akkumulatoren zu verwenden. Darunter spielt auch synthetischer Kautschuk eine Rolle.

[1]) ETZ 56 (1935) S. 724.
[2]) ETZ 57 (1936) H. 7, S. 169.
[3]) ETZ 57 (1936) H. 10, S. 267.
[4]) ETZ 56 (1935) S. 819 u. Electric Vehicles and Batteries, Dez. 1935, S. 330. Siehe auch S. 777 dieses Heftes.
[5]) ETZ 57 (1936) H. 5, S. 117.
[6]) ETZ 57 (1936) H. 26, S. 743.
[7]) ETZ 57 (1936) H. 12, S. 337.

Digitized by Google

Meßtechnik.

621. 317

Von grundsätzlicher Bedeutung für die künftige elektrische Meßtechnik sind die auch für Deutschland bindenden Beschlüsse, die das Internationale Komitee für Maß und Gewicht in der Sitzung vom 8. 10. 1935 über den Zeitpunkt der Einführung der absoluten elektrischen Einheiten gefaßt hat[1]). Danach soll die endgültige Ersetzung des Systems der internationalen elektrischen Einheiten durch das absolute System der elektrischen Einheiten am 1. 1. 1940 in Kraft treten. Das Komitee betont, daß für die meisten Anwendungen der Ingenieurtechnik die alten Werte der internationalen Normale hinreichend mit den neuen Werten übereinstimmen, so daß keinerlei Änderungen, auch nicht der zahlenmäßigen Werte, vorgenommen zu werden brauchen. Die physikalischen Staatsinstitute führen z. Z. eine neue Bestimmung des Verhältnisses der internationalen zu den praktischen absoluten Einheiten durch[2])[3]). Nach einer vorläufigen Tafel des Komitees ist das neu einzuführende absolute Ampere um 0,01 % größer, das Ohm um 0,05 % kleiner und das Volt um 0,04 % kleiner als die jeweilige bisherige internationale Einheit.

Als weiteres Ergebnis zwischenstaatlicher Zusammenarbeit liegen die Internationalen Regeln für anzeigende Meßgeräte vor, die als IEC-Veröffentlichung 51 erschienen sind[4])[5]). In allen wesentlichen Punkten ist der deutsche Vorschlag unverändert geblieben.

Grundlegende Neuerungen auf dem Gebiete der elektrotechnischen Meßtechnik sind in der seit dem letzten Bericht[6]) verflossenen Zeit nicht bekannt geworden. Die allgemeine Entwicklung zeigt das Streben nach Vervollkommnung und Verfeinerung vorhandener Geräte und Verfahren. Daneben sind manche bemerkenswerten Einzelheiten zu verzeichnen[7]).

In dem Aufbau der Meßgeräte hat sich durch die Verwendung der Preßstoffe neben dem Äußeren auch das Innere durch die Möglichkeit gewandelt, Metallteile einpressen zu können; dadurch eröffnen sich für die Herstellung, insbesondere für die Montage, neue Wege. Die neuen Magnetstähle brachten Leistungssteigerung der Geräte mit Dauermagneten, wie der Drehspulgeräte und Magnetinduktoren, oder bei gleicher Leistung Verkleinerung und Gewichtsersparnis.

Bei den empfindlichen Drehspulgalvanometern haben sich die neueren Bauformen, wie z. B. das sog. Super-Galvanometer und der Schnellschwinger, gut eingeführt. Diese Spiegelgalvanometer mit hoher Meßempfindlichkeit entsprechen den steigenden Anforderungen der Praxis für Laboratorium, Betrieb und Montage. Die bekannten Lichtmarken-Galvanometer ermöglichen bei festem Einbau der Optik einfache und schnelle Bedienung und durch die geringe Masse des Meßgliedes hohe Empfindlichkeiten bis $0{,}01 \cdot 10^{-6}$ A und 0,01 mV. Beachtenswert ist ein Drehspulinstrument von nur 35 mm Dmr. mit Endausschlag bei 6 µA wie es in einen Beleuchtungsmesser eingebaut wird. An dieser Stelle sei auf ein als Nullinstrument in Wechselstrombrücken dienendes neues Nadel-Vibrationsgalvanometer mit erhöhter Empfindlichkeit nach Angaben der PTR hingewiesen.

Auf dem Gebiet der Schalttafelinstrumente finden die raumsparenden Geräte, seien es Einbaurundgeräte mit sehr schmalem Frontring oder solche in quadratischer Form, immer mehr Eingang und ermöglichen in Verbindung mit Schmalfeld-Schalttafeln einen gedrängten und übersichtlichen Aufbau neuzeitlicher Schaltwarten.

Ein neuer Taschenisolationsmesser[8]) mit Kurbelinduktor und T-Spul-Quotienten-Meßwerk zeichnet sich durch geringe Abmessungen und gute meßtechnische Eigenschaften aus. Interessant ist eine weitere Lösung, bei der der Kurbelinduktor durch eine selbsttätig arbeitende Spannungsquelle ersetzt wird. Es ist so ein Isolationsmesser mit Batterieumspanner und Kreuzspul-Meßwerk entstanden, der nur durch einen Druckknopf bedient wird[9]).

Infolge der steigenden Anforderungen von Forschung und Praxis erfährt das vielgestaltige Gebiet der technischen Meßverfahren einen weiteren Ausbau und manch interessante Bereicherung. Als Beispiel eines Gebietes wachsender Bedeutung, das in der letzten Zeit außerordentlich gepflegt worden ist, seien die Fernmeßverfahren genannt[10]). Über verschiedene durch Einführung des Schwinggleichrichters neu gewonnene Verfahren und einen dabei verwendeten Lichtkoordinatenschreiber ist bereits im Vorjahre berichtet. Einen weiteren Fortschritt bedeutet nun das von Geyger[11]) entwickelte, mit phasenabhängigen „Nullmotoren" arbeitende Verfahren zur selbsttätigen Abgleichung von komplexen Kompensations- oder Brückenschaltungen. An Stelle des Nullinstrumentes werden über einen Verstärker zwei fremderregte Induktionszähler-Meßwerke geschaltet, die die Abgleichmittel der Schaltung, z. B. Schleifdrähte, beeinflussen. Mit den beweglichen Gliedern der Abgleichmittel können Tintenschreiber mechanisch gekuppelt werden, so daß eine laufende Aufzeichnung möglich ist.

Ein neues Tarifgerät nach dem Festmengen-Meßprinzip ist von Ferrari[12]) angegeben worden. Der laufende Verbrauch wird in gleich große Teilverbrauchsmengen, die sog. Festmengen, eingeteilt. Diese Festmengen werden nun mittels eines Zusatzgerätes durch ein Zählwerk erfaßt oder nicht, je nachdem ob sie in einer kürzeren oder längeren Zeit abgenommen werden, als sie der vereinbarten mittleren Leistung entspricht.

Der Ausbau der mit der Prüfung von Zählern und Meßwandlern betrauten Stellen der Elektrizitätswerke ist weiter fortgeschritten. Über röhrengesteuerte Synchrongeneratoren zur Konstanthaltung der Netzspannung für Zählerprüfanlagen berichtet R. Reese[13]). Die für das bekannte Gleichlast-Eichverfahren bestimmten Eichtische werden neuerdings auch für Drehstrom ausgeführt. Ein neuer Einphasen-Gleichlast-Eichzähler trägt nur je eine Fehlerskala für $\cos\varphi = 1$ und $\cos\varphi = 0{,}5$. Um Zähler verschiedener Drehzahl (Konstante), aber gleicher Stromstärke und Spannung messen zu können, ist eine in den Spannungskreis gelegte Drehzahlabstimmung vorgesehen, wodurch der Zeiger des Eichzählers während der Meßzeit stets den gleichen Weg zurücklegt. Die für die Prüfung von Meßwandlern nach Angaben der PTR gebauten Einrichtungen sind durch einen Bürdenmesser ergänzt worden, mit dem man die Bürden von Meßwandlern nach Größe und Phase bestimmen kann.

Auf dem Gebiete der Meßwandler hat die Entwicklung zunächst einen gewissen Abschluß erreicht. Der Stromwandlerbau weist für die vielgestaltigen Forderungen der Praxis an Kurzschlußsicherheit, Genauigkeit usw.

[1]) Physik. Z. 37 (1936) S. 38.
[2]) ETZ 56 (1935) S. 356.
[3]) ETZ 56 (1935) S. 624.
[4]) ETZ 56 (1935) S. 1346.
[5]) Arch. techn. Mess. (1936) J 00-4.
[6]) ETZ 56 (1935) S. 716.
[7]) ETZ 57 (1936) S. 81.
[8]) Arch. techn. Meß. (1936) V 3513-3.
[9]) ETZ 57 (1936) S. 643.
[10]) ETZ 57 (1936) S. 205, S. 531.
[11]) ETZ 57 (1936) S. 499.
[12]) ETZ 56 (1935) S. 796; VDE-Fachberichte 1935, S. 162.
[13]) ETZ 56 (1935) S. 1069, 1095.

Digitized by Google

zahlreiche bewährte Baumuster auf, zu denen noch Kleinstromwandler für niedrige Reihenspannungen hinzugetreten sind. Neben der bekannten Stützerbauweise für Höchstspannungswandler wird auch ein vereinigter Strom-Spannungswandler in Topfbauart ausgeführt.

Fortschritte sind in der transformatorischen Messung großer Gleichströme erzielt worden. O. E. Nölke[14]) beschreibt einen Gleichstrom-Meßwandler, der den zu messenden Gleichstrom in die für ein Meßgerät erforderliche Größe mit Hilfe eines bewickelten Eisenkernes umwandelt, der in einer Aussparung einen von außen angetriebenen Gleichstromanker aufnimmt. Das Anwendungsgebiet reicht bis 100 000/5 A. Ein zweites Verfahren wurde von K. Rottsieper[15]) angegeben. Hier erfolgt die transformatorische Messung nach dem Grundsatz der Frequenzvervielfachung durch zusätzliche Magnetisierung wechselstromgespeister Kreise.

Für die oszillographische Untersuchung von Hochspannungsvorgängen ist ein neuer Hochspannungs-Kathodenstrahloszillograph hoher Leistung und einfacher Handhabung geschaffen worden. Bei der Konstruktion dieses Gerätes, das als reines Industrieerzeugnis herausgebracht wird, sind die von deutschen Forschern gesammelten Erfahrungen zusammenfassend verwertet. Die Schreibgeschwindigkeit beträgt mehr als 30 000 km/s; Spannungsvorgänge bis zu 100 kV können ohne Spannungsteilung unmittelbar aufgenommen werden. — Zur Schaffung einwandfreier Unterlagen für die geplante Neueichung der Meß-Kugelfunkenstrecken ist eine Reihe eingehender Untersuchungen bei Stoßspannung und bei Normalfrequenz vorgenommen worden[16]).

[14]) ETZ 57 (1936) S. 37.
[15]) ETZ 56 (1935) S. 559 u. 742.
[16]) ETZ 56 (1935) S. 1379, 1405; 57 (1936) S. 177, 377, 621.

Elektrophysik (einschließlich Elektroakustik).

537 + 534

Als Neuland stand im Brennpunkt experimenteller und theoretischer Forschung die Physik der Atomkerne, nachdem die Struktur und Dynamik der Elektronenhüllen der Atome weitgehend verstanden ist. Die Bausteine des Kernes sind nach Heisenberg Protonen und Neutronen, auf die die gewöhnliche Quantenmechanik anwendbar ist. Die Kernvolumina sind proportional den Atomgewichten und damit der Anzahl der Kernbausteine. Zwischen diesen ist als anziehende, den Kern zusammenhaltende Kraft eine reine „Austauschkraft" ähnlich den chemischen Valenzkräften anzunehmen. Als Maßzahlen hat man für den Radius der Protonen etwa 10^{-16} cm und für die Abstände benachbarter Kernbausteine 10^{-13} cm. Kerne mit gerader Teilchenzahl erweisen sich als ausgezeichnet stabil, so ist z. B. das α-Teilchen mit 2 Protonen und 2 Neutronen das stabilste Gebilde. Für Kerne mit einer größeren Kernladungszahl bestehen noch Schwierigkeiten über ein Modell ihres Aufbaues in Schalen. Grundlagen für die Kernphysik erhält man aus den Massendefekten der Massenspektrogramme, der Hyperfeinstruktur der Atomspektren oder Bandenspektren (Spin- und magnetische Momente), des Molekularstrahlverfahrens, den Molekülspektren (Bose- und Fermi-Statistik) und den künstlichen Atomumwandlungen. Als umwandelnde Geschosse werden außer α-Teilchen, Protonen und Deutonen besonders Neutronen angewandt, auch γ-Strahlung ist wirksam. Aus dem Kern treten dabei aus: Protonen, Neutronen, α- und γ-Strahlung.

Die Ionen- und Elektronenleitung in nichtmetallischen festen Körpern steht einmal in Beziehung zu allen Fragen, die den Bau des festen Körpers überhaupt betreffen. Die wissenschaftliche Bedeutung sei durch die Begriffe: Störstellen des Gitters mit strukturunempfindlicher Hochtemperaturleitung und strukturempfindlicher Tieftemperaturleitung, Überschuß- und Mangelleitung gekennzeichnet. Technische Bedeutung haben diese Vorgänge für Trockengleichrichter und Sperrschicht-Photozellen, zusammengesetzte Photo- und Glühkathoden, für Widerstände mit negativem Temperaturkoeffizienten (Heißleiter, wie Titandioxyd) für zeitliche Verzögerung und Erzeugung nichtlinearer und fallender Kennlinien. Die Kristalle der Alkali-Halogenide ermöglichen, optische Beobachtungen zur Aufklärung der Elektronenleitung heranzuziehen, und sie einfach und anschaulich darzustellen.

Eine Verbindung der Wilsonschen Nebelkammer und Wanderwellenleitungen führt zu eingehendem Studium der sogenannten Vorentladung, wie sie einem Durchschlag voranzugehen pflegt. Die Aufnahmen unter verschiedenen äußeren Bedingungen und Gasen zeigen beachtliche Unterschiede[1]).

[1]) Abbildungen hierzu in hervorragender Form finden sich U. Nakaya u. F. Yamasaki, Proc. Roy. Soc., Lond., A 153 (1936) S. 542.

Eingehende Untersuchungen über die Höhenstrahlung zeigten keinen Zusammenhang mit dem Auftreten neuer Sterne (Nova Herculis), ergaben aber viele wertvolle Einzelheiten besonders durch Registriermessungen in der Stratosphäre. Das Vorhandensein einer harten ($> 10^{10}$ eV) und einer weichen Komponente erscheint sichergestellt, wahrscheinlich bestehen beide aus Elektronen. Das Auftreten von Mehrfachpaaren bei der Schauerbildung erfordert noch eine Anpassung an die Theorie des Elektrons.

Bei den ferromagnetischen Werkstoffen hat eine Verfolgung des bei Al-Ni- und Co-Ti-Stählen Ausschlag gebenden metallographischen Aufbaus zu weiteren magnetischen Legierungen mit sehr hoher Koerzitivkraft: etwa 1800 bis 4000 Oe und Remanenzen von 3000 bis 4000 geführt. Es sind dies Pt-Fe-, Au-Fe-, Pt-Co-Legierungen, die wegen der wertvollen Bestandteile nur für Sonderzwecke, wie z. B. Kompaßnadeln, angewandt werden können. Weiter ergaben sich Fe-Ni-Cu-Legierungen mit Remanenzen von 3000 bis 6000 und eine Koerzitivkraft bis 500 Oe, die gegenüber den bekannten Magnetstählen sich dadurch auszeichnen, daß sie nach der Fertigstellung des Gußstückes ohne Schwierigkeiten bearbeitet werden können. Damit wird die Verwendung hochwertiger permanenter Magnete erheblich erleichtert.

Auf dem Gebiet des Schalles wurden die Meßgeräte wesentlich verbessert. Es liegen Regelverstärker mit mechanischen Regelvorrichtungen vor, welche im logarithmisch linearem Maßstab 60 bis 70 db umfassen und Einstellzeiten von 600 bis 700 db/s erreichen. Damit lassen sich auch schnell veränderliche Lautstärken aufzeichnen. Die Frequenzverteilung bei Ausgleichvorgängen wurde mit Vorteil durch Oktavsieb und oszillographische Aufzeichnung bestimmt. Bei gleichzeitiger Verwendung einer großen Zahl von Filtern (von ⅓ Oktavbreite) kann man bei dem Tonfrequenzspektrometer auf dem Schirm einer Braunschen Röhre gleichzeitig mit dem Schallvorgang das Spektrum sehen oder photographieren. Der Schalldurchgang durch Mehrfachwände läßt sich bei einfachem Aufbau theoretisch bestimmen in Übereinstimmung mit Versuchen. Durch Körperschall-isolierende Einbauten von Wänden, Decken und Fußböden erhält man für Räume außerordentlich hohe Luftschalldämmungen. Weitere Untersuchungen zeigten uns den Einfluß des Baustoffes auf die Schalldämmung und die Absorption von Luftschall in Abhängigkeit vom Einfallswinkel. Für die Bemessung von Lautstärken wichtig sind Feststellungen über das Ansprechen des menschlichen Ohres auf Knacke und kurzdauernde Töne. Sie führen überdies zu Anwendungen in der Tonfilmtechnik und der Prüfung elektroakustischer Geräte auf Verzerrungen bei Ausgleichvorgängen.

Digitized by Google

Tätigkeitsbericht des VDE 1935/36.

Von Heinz Blendermann VDE, Berlin,
Geschäftsführer des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Das Vorschriftenwesen.

Wie in den vergangenen Jahrzehnten so hat der Verband Deutscher Elektrotechniker auch im letzten Jahre seine Arbeiten sachlich weitergeführt. Nachstehend soll ein Abriß der auf dem Gebiete des Vorschriftenwesens geleisteten Arbeiten gegeben werden, die notwendig sind, um die Belieferung mit elektrischer Energie sicherzustellen, ihre Verteilung und Arbeit zu ermöglichen, ohne Schädigungen von Menschen oder Sachwerten herbeizuführen. Diese Tätigkeit des Verbandes findet allseitige Anerkennung und ist ein einzigartiges Beispiel dafür, wie eine planmäßig geleitete Gemeinschaftsarbeit Großes zu leisten und den Staat weitgehend zu entlasten vermag.

Das Berichtsjahr stand unter dem Eindruck der fortschreitenden Umstellung der deutschen Binnenwirtschaft auf ausreichende Eigenversorgung. Hierbei war darauf Rücksicht zu nehmen, daß die elektrotechnische Industrie durch ihre nicht unbedeutende Ausfuhr als devisenschaffende Industrie angesehen werden muß und bei den für die Ausfuhr bestimmten Erzeugnissen hinsichtlich Ausführung und Preisgestaltung den Wünschen des ausländischen Käufers Rechnung tragen muß.

Es ist dem VDE gelungen, seine Vorschriften so zu gestalten, daß die Forderungen des Inlandes mit den Wünschen des Auslandes in Einklang gebracht werden konnten. Für verschiedene Erzeugnisse wurden zur Belieferung des einheimischen Marktes unter Wahrung der Güte, Zweckmäßigkeit und Sicherheit besondere „Umstellvorschriften" herausgegeben.

Durch diese Arbeiten gibt der VDE die Möglichkeit, die Umstellung auf einheimische Rohstoffe innerhalb seines Arbeitsgebietes durchzuführen.

Errichtung und Betrieb elektrischer Anlagen.

Im Jahre 1894 wurde die VDE-Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften gebildet, um Regeln aufzustellen, bei deren Einhaltung eine ausreichende Sicherheit beim Bau und Betrieb elektrischer Anlagen gewährleistet war. Während der 40 arbeitsreichen Jahre auf diesem Gebiet zwangen die Entwicklung der Elektrotechnik, der systematische Ausbau ihrer Verteilungsanlagen und die wachsenden Anwendungsmöglichkeiten elektrischer Energie zu einer weitgehenden Unterteilung des einstmals von einer einzigen Kommission bearbeiteten Gebietes.

Anlagen unter 1000 V.

Der beim Ausschuß für Errichtungs-Vorschriften I gebildete Referenten-Ausschuß hat im vergangenen Jahre daran gearbeitet, die ab 1. Januar 1930 geltende Fassung von VDE 0100 einer Neubearbeitung zu unterziehen. Bei dieser Neufassung soll in den Bestimmungen das bisherige Nebeneinander von bindenden Vorschriften und Ausführungsregeln beseitigt werden. Diese Trennung ist zweckmäßig einerseits wegen der Anerkennung der Vorschriften als gültige Regeln der Wissenschaft und Technik und anderseits im Hinblick auf die Behörden, den Verband der deutschen Berufsgenossenschaften und seine Unfallverhütungs-Vorschriften usw., die nur mit bindenden Vorschriften arbeiten können.

Im Mai 1936 wurde die Arbeit VDE 0166 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben" vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und zum 1. Juli 1936 in Kraft gesetzt.

Leuchtröhrenanlagen.

Die am 1. Januar 1934 in Kraft getretene Arbeit VDE 0128 „Regeln für Leuchtröhrenanlagen und Leuchtröhrengeräte" wurde bezüglich der Vorschriften für die zur Verwendung gelangenden Transformatoren, hinsichtlich des Schutzes gegen zufällige Berührung und zu hohe Berührungsspannung geändert, um den in der Zwischenzeit eingetretenen Fortschritten in der Konstruktion derartiger Geräte Rechnung zu tragen.

Freileitungen.

Für die seit dem 1. Januar 1930 in Kraft befindlichen „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F." (VDE 0210) wurde ein Änderungsentwurf im April 1936 veröffentlicht, der vornehmlich die Verwendung heimischer Werkstoffe berücksichtigt. Außerdem wurden die Kreuzungsvorschriften und die Vorschriften für Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV verschiedentlich erweitert und geändert.

Für das „Merkblatt über die Zerstörung von Holzmasten durch Käferlarven" (VDE 0215) wurde zur gleichen Zeit ein Änderungsentwurf veröffentlicht, der durch die seit 1927 neu entwickelten Mittel zum Schutz der Maste gegen Wurmfraß notwendig erschien.

Fernmeldetechnik.

Zu den „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V.E.F." (VDE 0800) wurde gleicherweise im April ein Änderungsentwurf veröffentlicht, der bedingt ist durch die in dem Änderungsentwurf zu VDE 0210 veröffentlichten Änderungen über Kreuzungen und Parallelführungen und der die entsprechenden Änderungen für Kreuzungen und Parallelführungen von Fernmeldeleitungen mit Starkstromleitungen behandelt.

Betriebsvorschriften.

Die seit dem 1. April 1927 in Kraft befindlichen „Leitsätze für Spannungssucher" wurden in einer Neufassung mit Geltungsbereich ab 1. April 1936 als VDE 0425/1936 in Kraft gesetzt. Sie erweitert die bisherigen Leitsätze, die nur für Spannungssucher bis 750 V galten, auf die Spannungsgrenze von 1000 V und bringt überdies Änderungen der Bau- und Prüfbestimmungen.

Digitized by Google

Bergwerksanlagen.

Für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage haben sich die bisher nur in den Vorschriften VDE 0100, VDE 0101 und VDE 0105 gegebenen Zusatzbestimmungen als nicht ausreichend erwiesen. Den Anregungen und Wünschen der zuständigen Behörden entsprechend sind daher sowohl die „Vorschriften für den Betrieb elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)" als VDE 0119/1936, als auch die „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)" als VDE 0118, als selbständige Arbeiten in Angriff genommen worden.

Im Februar 1935 wurden die Vorschriften VDE 0119 veröffentlicht und nach Behandlung der Einsprüche im Mai dieses Jahres genehmigt. Sie treten am 1. Juli 1936 in Kraft.

Die Vorschriften VDE 0118 sind in den Vorarbeiten so weit gediehen, daß der Entwurf 1 voraussichtlich im Monat August 1936 zur Kritik veröffentlicht werden wird.

Fernmelde- und Hochfrequenztechnik.

Seit mehr als 25 Jahren gibt der VDE Vorschriften für Schwachstromtechnik und Hochfrequenz heraus, die in angemessenen Zeitabständen einer Überarbeitung unterzogen werden. Im abgelaufenen Jahr ist über die Arbeiten von zwei Ausschüssen zu berichten.

Schwachstrom-Beeinflussung.

Der zuständige Ausschuß hat im vergangenen Jahre ausgedehnte Untersuchungen und Messungen an verschiedenen größeren Gleichrichter-Einheiten durchgeführt, um auf dem als technisches Neuland zu betrachtenden Gebiet der Störwirkung von Gleichrichtern die für den Abschluß der „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und Gleichstrom-Bahnanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen" notwendigen technischen Unterlagen zu erhalten. Gelegentlich dieser ausgedehnten Versuche, die durch das verständnisvolle Entgegenkommen der technischen Werke der Stadt Stuttgart möglich geworden waren, wurden auch einige für das Verhalten der Gleichrichter als solche wichtige Eigenschaften untersucht, die die Grundlage für entsprechende Festlegungen in den durch den Ausschuß für Stromrichter bearbeiteten „Regeln für Stromrichter" bildeten.

Hochfrequenztechnik.

Die seit dem 1. Oktober 1925 geltenden „Vorschriften für Außenantennen" sind durch die Entwicklung der bisherigen Jahre in vielen Punkten überholt und nicht mehr zeitgemäß. Der Ausschuß für Hochfrequenztechnik hat daher durch den Unterausschuß „Antennen" im Februar 1936 den neuausgearbeiteten Entwurf zu VDE 0855 „Vorschriften für Antennenanlagen" in der ETZ zur Kritik gestellt. Dieser Entwurf, der den Fortschritten im Antennenbau in jeder Hinsicht Rechnung trägt und auch die notwendige Verwendung heimischer Werkstoffe berücksichtigt, ist auf Grund der eingegangenen Einsprüche einer Neubearbeitung unterzogen worden, die voraussichtlich im August 1936 nochmals zur Kritik gestellt werden wird.

Konstruktion von Installationsmaterial und Geräten unter 1000 V.

Die „Kommission für Installationsmaterial" wurde 1899 gebildet und hat seit dieser Zeit zahlreiche Normen und Vorschriften erarbeitet, durch die eine wohltuende Ordnung auf dem Markte erzielt worden ist.

Installationsmaterial.

Die seit 1928 geltenden „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" (VDE 0610) wurden einer gründlichen Überarbeitung unterzogen. Die Arbeit VDE 0610 ist unter dem Kurzzeichen „K.P.I." in der ganzen Fachwelt des In- und Auslandes bekannt. Vor Inangriffnahme der Arbeiten fanden Rücksprachen mit jeweils in Frage kommenden Herstellern statt, damit bei der Neubearbeitung auch deren Wünschen und Sorgen Rechnung getragen werden konnte. Eine Neufassung für das Gebiet der Dosenschalter liegt bereits vor und wird binnen kurzem in der ETZ der Öffentlichkeit zur Stellungnahme und Kritik vorgelegt.

Neben dem Grundsatz der Verarbeitung heimischer Werkstoffe haben neue Erkenntnisse auf dem Gebiet des Installationsmaterials, die Erfahrungen der Prüfstellen, Wünsche der Abnehmer und Fortschritte der Technik eine völlige Neubearbeitung auch der Vorschriften für Steckvorrichtungen, Fassungen, Armaturen, Handleuchter sowie für Verlegungs- und Verbindungsmaterial notwendig gemacht. Diese Fragen werden im kommenden Jahre den Ausschuß für Installationsmaterial beschäftigen.

Sicherungswesen.

Der Ausschuß für Sicherungswesen bearbeitet alle mit Sicherungsfragen zusammenhängenden Bestimmungen. Ein „Unterausschuß Selbstschalter" hat die bisherigen Leitsätze für IS-Schalter (Installations-Selbstschalter) einer Durchsicht unterzogen und eine neue Arbeit, die „Leitsätze für Leitungsschutzschalter" geschaffen. Der Entwurf ist in ETZ 1936, H. 23 veröffentlicht worden. Ein weiterer Unterausschuß überarbeitet die zur Zeit bestehenden Bestimmungen für Schmelzsicherungen. Hierbei muß auf inzwischen entwickelte besondere Sicherungssysteme, wie träge Sicherungen und dgl. Rücksicht genommen werden. Ein weiterer Unterausschuß für Selektivität von Sicherungen wird in diesem Jahre seine Arbeiten aufnehmen. Ein Sonderausschuß ist mit der Aufgabe betraut worden festzustellen, ob und inwieweit die zur Zeit gültigen Bestimmungen über Leitungsbelastungen Änderungen unterworfen werden müssen. Dabei wird untersucht, ob im Hinblick auf die Rohstofflage eine höhere Beanspruchung und größere Ausnutzung der Materialien vertretbar ist.

Drähte und Kabel.

Die wichtigsten Fragen, mit denen sich der Ausschuß befaßte, waren die Einführung des Aluminiums an Stelle des Kupfers sowohl in isolierten Leitungen als auch bei Kabeln und die Anpassung der VDE-Bestimmungen an die Verordnungen der staatlichen Überwachungsstellen,

Digitized by Google

von denen vor Inkraftsetzung gutachtliche Äußerungen des VDE eingefordert wurden. Es wurden besondere „Vorschriften für Papierkabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen" (VDE 0260) aufgestellt und ein „Merkblatt für die Herstellung von Verbindungsstellen bei Aluminiumleitern in Starkstromanlagen" herausgebracht. Das Merkblatt gibt Anleitungen, wie sachgemäße Verbindungen von Aluminiumleitungen und Kabeln auszuführen sind, und behandelt insbesondere die verschiedenen Verbindungsmöglichkeiten: Weichlötung, Flammenschweißung, Gießschweißung und elektrische Schweißung.

Zur Erzielung einer bodenständigen Rohstoffwirtschaft hatte der VDE unter Wahrung der Sicherheit, Güte und Zweckmäßigkeit der Erzeugnisse „Umstellvorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" (VDE 01250) bereits im Dezember 1934 herausgegeben. Diese Umstellvorschriften waren nur für Inlandslieferungen gedacht; für Auslandslieferungen sind die bisherigen „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" (VDE 0250) in Kraft geblieben. Die nach diesen Umstellvorschriften hergestellten Leitungen haben jedoch auch im Ausland Anerkennung gefunden, so daß schon vereinzelt auch Bestellungen des Auslandes auf diese Leitungen vorliegen.

Die Umstellvorschriften wurden neu bearbeitet, um vor allem Aluminiumleiter in Querschnitten von mehr als 35 mm² zu berücksichtigen.

Für Gummibleikabel in Starkstromanlagen lag ebenfalls ein Bedürfnis vor, die in Frage kommenden Bestimmungen, die bisher in den „Vorschriften für Bleikabel in Starkstromanlagen" enthalten waren, vollständig neu zu bearbeiten und gleichzeitig auch für Gummibleikabel besondere Umstellvorschriften herauszugeben. Die Entwürfe sind fertiggestellt und werden in Kürze in der ETZ veröffentlicht werden.

Elektrowärmegeräte.

Die letzte vollständige Neubearbeitung der Vorschriften für Elektrowärmegeräte ist im Januar 1933 in Kraft getreten. Die Entwicklung und Ausbreitung verschiedener Arten von Elektrowärmegeräten (Elektroherde, Heißwasserspeicher) bedingte eine Neubearbeitung der Vorschriften, wobei gleichzeitig die Kenntnisse und Erfahrungen auf benachbarten Gebieten verwertet werden konnten.

Der Ausschuß für Elektrowärmegeräte hat nach sehr langwierigen Besprechungen eine Neufassung der an Elektrowärmegeräte zu stellenden Anforderungen aufgestellt, die voraussichtlich im Herbst d. J. als Entwurf der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegt werden kann.

Besonders bemerkenswert ist, daß die Bestimmungen für elektrische Heizkissen von dem Vorschriftentext für Elektrowärmegeräte abgetrennt sind. Es wird künftig eine besondere Arbeit über Heizkissen bestehen. Die Vorarbeiten für diese Vorschriften sind nahezu abgeschlossen. Diese besondere Arbeit erschien notwendig, weil ein Heizkissen in bezug auf die zu seiner Herstellung verwendeten Werkstoffe wesentlich von allen anderen elektrischen Geräten abweicht. Bei ihm werden in der Hauptsache leicht brennbare und Feuchtigkeit aufnehmende Gewebe verwendet. Zahlreiche Brände und einige Todesfälle, die allerdings meist durch Fahrlässigkeit entstanden sind, reden eine eindringliche Sprache, diesen heute aus der Heilpraxis nicht mehr fortzudenkenden Geräten größte Aufmerksamkeit zu schenken. Die neuen Bestimmungen werden Verschärfungen gegenüber den bisherigen Bestimmungen enthalten. Als besonders wesentlich sei hervorgehoben, daß künftig jedes Heizkissen einen Feuchtigkeit nicht durchlassenden Schutz haben muß. Auch werden die Prüfungen der Heizkissen künftig weitergehend sein als bisher.

Handgeräte.

In Anlehnung an die Neufassung der „Vorschriften für Elektrowärmegeräte" sollen nach einem Beschluß des Ausschusses für Handgeräte die „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" (VDE 0730) neubearbeitet werden. Es ist eine Übersicht aufgestellt worden, was heutzutage an Geräten mit Kleinstmotoren vorhanden ist. Man kann hiernach etwa folgende Hauptgruppen unterscheiden: Luftbeweger, Luftverdichter, Flüssigkeitspumpen, Reinigungsgeräte, Küchengeräte für Haushalt und Kleingewerbe, Geräte für Körperpflege, Geräte für Musik und Lichtbild, Büromaschinen, medizinische Geräte, Laboratoriumsgeräte, landwirtschaftliche Geräte, Geräte für das Reklamewesen und elektrisches Spielzeug. Bei den vorstehend aufgeführten Gerätegruppen handelt es sich um ortsveränderliche Geräte, bei denen der Elektromotor die konstruktive Grundlage des ganzen Gerätes bildet.

Die umfangreiche Verwendung von Kleinstmotoren als Antriebsmittel für die verschiedenartigsten Gebrauchsmaschinen macht es notwendig, die für den Einbau des elektrischen Teiles zu beachtenden VDE-Bestimmungen zusammenzufassen und soweit notwendig zu ergänzen. Der Ausschuß hat daher in Aussicht genommen, ein Merkblatt für die Verwendung von Kleinstmotoren für derartige Antriebe aufzustellen. Bei diesen Antrieben handelt es sich um beliebig auswechselbare Motoren verschiedener Herkunft, die die Gebrauchsmaschinen durch Riemen-, Zahnrad- oder ähnlichen Antrieb bewegen.

Elektrowerkzeuge.

Die Zahl der im täglichen Gebrauch verwendeten Elektrowerkzeuge mit kleiner Leistung, wie z. B. Handbohrmaschinen, Elektroschraubenzieher, Gewindeschneidmaschinen, Graviermaschinen, Scheren, Poliermaschinen usw. nimmt dauernd zu. Da diese Elektrowerkzeuge vorwiegend von Laien bedient werden, ist eine Prüfung der Geräte in bezug auf die elektrische Sicherheit im Gebrauch besonders wichtig, um den Schutz des Benutzers sicherzustellen. Wenn auch bereits seit Jahren Vorschriften des VDE für Elektrowerkzeuge vorhanden sind, so besteht doch ein Mangel darin, daß Prüfungen und entsprechende Kennzeichnungen von der VDE-Prüfstelle bisher nicht vorgenommen wurden.

Aus Verbraucherkreisen lag ein Antrag vor, künftig auch Elektrowerkzeuge zur Prüfung der VDE-Prüfstelle vorlegen zu lassen und den Herstellern, deren Erzeugnisse den VDE-Vorschriften entsprechen, die Genehmigung zu erteilen, die Bohrmaschinen, Schleifmaschinen usw. mit dem Prüfzeichen des VDE zu versehen. Der Ausschuß für Elektrowerkzeuge hat diesem Antrage zugestimmt und festgelegt, daß die VDE-Zeichenprüfungen künftig für ortsveränderliche Elektrowerkzeuge auf Grund der bestehenden Vorschriften, und zwar bis zu einer Leistung von 500 W durchgeführt werden sollen.

Außerdem ist eine Neubearbeitung dieser Vorschriften in Aussicht genommen, um sie dem jetzigen Stande der Technik in einigen Punkten weiter anzupassen.

Elektromedizinische Geräte.

Die „Vorschriften für elektromedizinische Hochfrequenzapparate zur Diathermie und Hochfrequenzchirurgie" (VDE 0751), die in ihrer ersten Fassung am 1. Januar 1935 in Kraft getreten sind, mußten entsprechend Fortschritten der Technik durch das Aufkommen der Kurzwellen- und Ultrakurzwellen-Therapiegeräte neubearbeitet werden. Die Neufassung kann in Kürze zur Stellungnahme veröffentlicht werden.

Elektrischer Sicherheitsgrad unter 1000 V.

Der Ausschuß arbeitete weiter an der Aufstellung von allgemein gültigen Sicherheitsbestimmungen für elektrische Geräte unter 1000 V.

Es ist beabsichtigt, für alle Geräte gültige Mindestanforderungen mit Rücksicht auf den Schutz von Personen und Sachwerten aufzustellen.

Digitized by Google

Maschinen, Transformatoren, Stromrichter.

Die Arbeiten dieser Gruppe gewinnen dadurch besondere Bedeutung, daß die hier behandelten Erzeugnisse bedeutende Ausfuhrartikel darstellen. Für die Mitarbeit Deutschlands an den internationalen Regeln bilden die VDE-Vorschriften die Grundlage.

Elektrische Maschinen.

Für die Neuausgabe der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M." (VDE 0530/1935) mußte eine Reihe von Abänderungs- und Ergänzungsvorschlägen bearbeitet werden. Die Beratungen befassen sich u. a. mit der Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe und den Prüfbestimmungen für gebrauchte und ausgebesserte Maschinen. Vorschläge für die Ermäßigung der Prüfspannungen für die Wicklungsprobe nach einer Ausbesserung und auch bei Wiederholung der Spanungsprüfung am Aufstellungsort wurden aufgestellt. Im übrigen wurden Vorarbeiten für den Maschinenausschuß der IEC geleistet.

Transformatoren.

Der Ausschuß bearbeitete eine Neuausgabe der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T." (VDE 0532), deren Änderungen und Ergänzungen u. a. auf die Wärmebeständigkeitsklassen der Iolierstoffe, die Aufteilung der Kurzschlußverluste und die Prüfbestimmungen für alte und ausgebesserte Transforatoren (ähnlich wie für Maschinen) beziehen. Weiterhin wurden Vorarbeiten hinsichtlich einer später einzuführenden Stoßprüfung an Transformatoren geleistet. Die weiteren Beratungen befaßten sich mit Erwärmungsfragen, die z. T. auch bei der IEC zur Erörterung stehen.

Elektrische Bahnausrüstung.

Die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen R.E.B." (VDE 0535) wurden einer Neubearbeitung unterzogen. Diese Regeln sollen nach Möglichkeit den von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) herausgegebenen Regeln weitgehend angeglichen werden, insbesondere hinsichtlich der zulässigen Grenzerwärmungen von Fahrmotoren und Fahrzeugtransformatoren auf dem Prüfstand und den im Fahrbetrieb tunlichst nicht zu überschreitenden Höchsttemperaturen. Neu bearbeitet und erweitert wurden die Bestimmungen betr. Überlastungs- und Kommutierungsprüfungen, wobei Gleichstrommotoren für Stromrückgewinnung und für Widerstandsbremsung berücksichtigt wurden. Neu aufgenommen wurden Bestimmungen über Anfahrprüfungen. Schließlich sollen Gleichstrom-Generatoren und -Fahrmotoren auf Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren entsprechend der technischen Entwicklung dieser Fahrzeuge in den letzten Jahren mit in die neuen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen R.E.B." (VDE 0535) einbezogen werden. Die weiteren Beratungen beschäftigten sich mit Fragen der IEC.

Stromrichter.

Der Ausschuß erarbeitete den in Heft 3 der ETZ (1936) erschienenen Entwurf der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Stromrichtern" (VDE 0555).

Die zu diesem Entwurf eingegangenen Einsprüche wurden behandelt und führten zur Schlußfassung der Regeln, die demnächst in der ETZ bekanntgegeben und am 1. September 1936 in Kraft gesetzt werden sollen.

Die Regeln behandeln Eisengleichrichter und Glasgleichrichter mit Quecksilber- bzw. Glühkathode nebst Zubehör sowie Gleichrichtertransformatoren, soweit hierfür Ausnahmebestimmungen gegenüber den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transforatoren R.E.T." (VDE 0532) erforderlich sind. Besonders berücksichtigt wurden die verschiedenen Schaltungen und Schaltgruppen der Gleichrichtertransformatoren sowie die Kurzschlußmessungen. Für die Gleichrichter selbst wurden Bestimmungen über Dichtigkeitsprüfungen für Eisengefäße, Überlastungsprüfungen, Isolationsprüfungen und Wirkungsgradmessung aufgestellt.

Ferner wurde ein deutscher Vorschlag als Beitrag für die beabsichtigten IEC-Regeln für Stromrichter ausgearbeitet.

Kleintransformatoren.

Dieser Ausschuß hat in der Berichtszeit die „Vorschriften für den Bau und die Prüfung von Schutz-, Netzfernmelde- und sonstigen Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung R.E.T.K." (VDE 0550) verabschiedet. Diese Vorschriften, die in ETZ 1936, H. 4 veröffentlicht waren, treten am 1. Januar 1937 in Kraft. Eine frühere Inkraftsetzung erschien unzweckmäßig, um der Industrie und der Händlerschaft die Möglichkeit zu geben, sich rechtzeitig auf den Bau nach den Bestimmungen einzustellen.

Hochspannungstechnik.

Vorschriften auf dem Gebiete der Hochspannungstechnik werden vom VDE seit 1910 bearbeitet. In den letzten Jahren hat sich ein lebhafter internationaler Meinungsaustausch auch auf diesem Gebiete entwickelt, der durch die Arbeiten des VDE erheblich befruchtet werden konnte.

Elektrischer Sicherheitsgrad über 1000 V.

Der Ausschuß beschäftigte sich mit der Neubearbeitung der „Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber". Während die früheren Leitsätze lediglich auf die Spannungsprüfung von Hochspannungsanlagen und ihrer Bestandteile bei Betriebsfrequenz abgestellt sind, steht bei der Neubearbeitung der Leitsätze die Frage der Beanspruchung mit Spannungsstößen im Vordergrund der Betrachtungen. Im Zusammenhang hiermit stehen die Beratungen über die zweckmäßige Abstufung der Isolation der einzelnen Anlageteile.

Hochspannungs-Schaltgeräte.

In zahlreichen Sitzungen wurde der Neuentwurf der „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte R.E.H." (VDE 0670) bearbeitet, der in der ETZ Heft 23 und 24 1936 erschienen ist. Die Neubearbeitung der R.E.H. berücksichtigt die im Laufe der letzten Jahre namentlich auf dem Gebiet des Hochspannungsschalterbaues eingetretene Entwicklung der Technik unter Beachtung aller erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen. Es wurden daher auch möglichst eindeutige Festlegungen für Trennschalter

Digitized by Google

und Leistungstrennschalter geschaffen, die grundsätzlich zum Schutz der Betriebsmannschaft bei Arbeiten an abgetrennten Anlageteilen geeignet sein müssen. Mit Rücksicht auf die Bedeutung dieser Frage fand über die vom R.E.H.-Ausschuß geplanten Bestimmungen für Trennschalter und Leistungstrennschalter bereits eine Aussprache in einem eigens hierfür angesetzten Vortragsabend des VDE - Gau Berlin - Brandenburg am 14. Januar 1936 statt. Es war den Mitgliedern des VDE-Ausschusses somit Gelegenheit gegeben, die Ansichten weiter Fachkreise zu den vorgeschlagenen Bestimmungen zu hören.

Außerdem hat der Ausschuß an der Aufstellung internationaler Regeln für Hochspannungs-Schaltgeräte bei der IEC mitgearbeitet.

Isolatoren.

Ein großer Teil der Sitzungen des Ausschusses für Isolatoren befaßte sich mit einer neuen Normung von Vollkernisolatoren. Weiterhin wurden Leitsätze für Nebel- und Verschmutzungsprüfungen an Freileitungsisolatoren beraten; die erforderlichen Versuche werden in dankenswerter Weise von den Hescho-Werken, Hermsdorf, durchgeführt. Weiterhin wurde an der Aufstellung internationaler Prüfvorschriften für Freileitungsisolatoren und für Durchführungen mitgearbeitet.

Prüfung mit Spannungsstößen.

Ein von der IEC aufgestellter Versuchsplan für die in den verschiedenen Ländern auszuführenden Stoßversuche an Stabfunkenstrecken und an Isolatoren erforderte Beratungen in verschiedenen Sitzungen. Derartige Versuche werden zur Zeit von einigen deutschen Hochspanungslaboratorien ausgeführt. Die Versuchsergebnisse werden wertvolle Unterlagen zu der auch im Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad über 1000 V behandelten Frage der Isolationsabstufung erbringen.

Spannungsmessung.

Unter dankenswerter Mitarbeit der Herren Prof. Binder - Dresden und Dr. Weicker - Hermsdorf stellte der Ausschuß einen Plan zur Ausführung von Vergleichsversuchen für die Messung mit Kugelfunkenstrecken auf. In mehreren deutschen Hochspannungslaboratorien sind auf dem Gebiete der Kugelfunkenstreckeneichung inzwischen wertvolle Untersuchungen angestellt worden, worüber in letzter Zeit in der ETZ mehrfach berichtet wurde. Die Ergebnisse dieser in Deutschland weit geförderten Untersuchungen werden die Grundlage für eine beabsichtigte Neunormung der Eichtafeln für Kugelfunkenstrecken sowohl im Rahmen der deutschen VDE-Bestimmungen als auch für die internationalen Regeln schaffen. Mit Rücksicht auf die Bedeutung der Kugelfunkenstrecke als Meßgerät für Stoßspannungen wurde in diesem Zusammenhang auch der Frage der Eichung der Kugelfunkenstrecke für Spannungsstöße erhöhte Beachtung geschenkt.

Überspannungsschutz.

Die Sammlung von Tatsachenmaterial über den Einfluß von Überspannungen atmosphärischer Natur auf Starkstromanlagen wurde in der Berichtszeit fortgesetzt und läßt nunmehr eine gewisse abschließende und zusammenfassende Stellungnahme zu. Es hat sich gezeigt, daß die in dieser Hinsicht notwendigen Schutzmaßnahmen zum Teil eng mit den gegen das Auftreten zu hoher Berührungsspannungen notwendigen Maßnahmen verknüpft sind. Bei der Neubearbeitung der Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen wird auch diesen Gesichtspunkten Rechnung getragen werden. Aus dem verwandten Gebiet des „Ausschusses für Blitzableiterbau“ ist über eine im Gang befindliche Neubearbeitung des Büchleins „Blitzschutz“ sowie eine Weiterarbeit an der Normung zu berichten. Es ist gelungen, sämtliche für den Blitzableiterbau benötigten Normteile auf einheitliche Werkstoffe umzustellen. Der Aluminiumfrage wird auch in diesem Zusammenhang laufend Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl an sich Stahl und Zink als gebotene Werkstoffe für den Blitzableiterbau in Deutschland anzusehen sein dürften.

Isolierstoffe.

Die Arbeiten erstreckten sich im wesentlichen auf Änderungen und Ergänzungen der bestehenden Bestimmungen für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe, wobei auch der derzeitigen Rohstofflage Rechnung getragen wurde. Zur eingehenden Bearbeitung der dem Ausschuß gestellten Aufgaben wurden insgesamt 6 Unterausschüsse eingesetzt.

Bei der Gründung des Ausschusses für Isolierstoffe im Jahre 1909 waren die Aufstellung von Prüfbestimmungen und eine Klasseneinteilung der Isolierstoffe als wichtigste Arbeiten in Aussicht genommen worden. Während die Prüfvorschriften bereits im Jahre 1913 erstmalig erschienen und bis zu der heute gültigen Fassung vom Jahre 1927 mehrfach überarbeitet wurden, konnte die Klasseneinteilung der Isolierstoffe noch nicht zu einem endgültigen Abschluß gebracht werden. Um Unterlagen sowohl für die Klasseneinteilung als auch für eine Neubearbeitung und Erweiterung der Prüfvorschriften zu erhalten, wurde in der Zwischenzeit eine große Zahl von Leitsätzen für die Prüfung und Bewertung einzelner Isolierstoffe aufgestellt. Dieser Weg wurde weiterhin als geeignet angesehen und hat dahin geführt, daß nunmehr die Arbeiten zur Zusammenfassung und Vereinheitlichung der Prüfverfahren in Angriff genommen werden können.

Eine Reihe von Bestimmungen für einzelne Isolierstoffe wurden einer Überarbeitung unterzogen.

Der Unterausschuß „Faserstoffe“ ist zur Zeit damit beschäftigt, die bisherigen drei getrennten Leitsätze für Hartpapierplatten, -rohre und -formstücke zusammenzufassen und auf Hartgewebe zu erweitern. Im Zusammenhang hiermit hat es sich als zweckmäßig erwiesen, einige Zahlenangaben in Form von Normblättern festzulegen. Es handelt sich hierbei um DIN VDE 605, 606 und 607, in denen die handelsüblichen Abmessungen von Hartpapier- und Hartgewebehalbzeugen festgelegt werden, sowie das Normblatt DIN VDE 610, das die Technischen Lieferbedingungen, d. h. also Eigenschaftswerte enthalten soll. Weitere Angaben für die Verwendung von Hartpapier außerhalb der Elektrotechnik sind in dem Normblattentwurf DIN E 7701 „Kunstharzpreßstoffe, warmgepreßt“, enthalten.

Einen gewissen Abschluß jahrelanger Arbeiten des Ausschusses bildete die Verabschiedung der neuen „Leitsätze für die Prüfung nichtkeramischer, gummifreier Isolierpreßstoffe“ (VDE 0320), die am 1. April 1936 in Kraft traten. In diesen Leitsätzen ist unter Zugrundelegung der Prüfvorschriften eine Typeneinteilung der genannten Stoffe gegeben. Die Vorarbeiten hierfür liegen bereits Jahre zurück, doch konnten die Leitsätze bisher nicht fertiggestellt werden, da die rasche Entwicklung auf dem Gebiet dieser Stoffe laufend zahlreiche Änderungen und Neuerungen bedingte. Auch heute besteht noch eine Reihe offener Fragen, die bisher nicht restlos geklärt werden konnten. Der VDE hat jedoch Untersuchungen in die Wege geleitet, die eine Klärung dieser Fragen, wie z. B. Kriechstromfestigkeit und Dauerwärmefestigkeit, herbei-

Digitized by Google

führen sollen. Während diese neuen Leitsätze alle 14 Typen von nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffen umfassen, sind weitere Angaben über diejenigen von diesen Stoffarten, die für die allgemeine Verwendung im Maschinenbau und anderen Gebieten der Technik in Frage kommen, in dem oben genannten Normblattentwurf DIN E 7701 enthalten. Die Aufstellung dieses Normblattes war insbesondere aus dem Grunde notwendig geworden, weil diese Stoffe, die zunächst nur für elektrotechnische Geräte verwendet wurden, im Hinblick auf die Umstellung auf heimische Rohstoffe auch für technische Anwendungen außerhalb der Elektrotechnik von besonderer Bedeutung wurden.

Die „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Hartgummi" (VDE 0322) wurden einer Überarbeitung unterzogen, die dadurch notwendig geworden war, daß die in diesen Leitsätzen bisher enthaltenen Abmessungen und Eigenschaftswerte in besonderen Normblättern festgelegt werden sollen. Es handelt sich hierbei um das Normblatt DIN 7711, das Technische Lieferbedingungen, d. h. also Eigenschaftswerte für Hartgummi enthält sowie die Normblätter DIN 7712, 7713 und 7714, in denen die handelsüblichen Abmessungen von Hartgummihalbzeugen festgelegt werden.

Für keramische Stoffe wurde die Ausarbeitung einer ähnlichen Typeneinteilung wie für die nichtkeramischen, gummifreien Isolierpreßstoffe in Aussicht genommen. Auf Grund bereits durchgeführter Vorarbeiten sollen die bisher bestehenden „Leitsätze für die Prüfung der Stoffeigenschaften keramischer Isolierteile für Nennspannungen unter 1000 V" (VDE 0335) einer Überarbeitung unterzogen und hierbei eine Typeneinteilung ausgearbeitet werden.

Nachdem diese Leitsätze und die hierin für die einzelnen Isolierstoffgruppen angegebenen Prüfverfahren festliegen, sind nunmehr die Vorarbeiten zu einer Zusammenfassung der mechanischen und thermischen sowie der elektrischen Prüfverfahren in Rahmenbestimmungen in Angriff genommen worden. Im wesentlichen wird es sich hierbei um eine Umarbeitung und Erweiterung der bisher bestehenden „Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe" (VDE 0302) und der „Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen" (VDE 0303) handeln.

Ferner wurden die Arbeiten zur Aufstellung einer Klassen- oder Gruppeneinteilung sämtlicher elektrischer Isolierstoffe in die Wege geleitet. Hierbei wird gleichzeitig der Festlegung von Kurzbezeichnungen für die einzelnen Isolierstoffe im Hinblick auf die Erfordernisse des Einkäufers und des Konstrukteurs Rechnung getragen.

Isolieröle.

Der Ausschuß für Isolieröle hat in der Berichtszeit die Neubearbeitung der „Vorschriften für Transformatoren- und Schalteröle" abgeschlossen, die am 1. Januar 1936 in Kraft getreten sind. Bei der Bearbeitung hat sich gezeigt, daß der Frage des Kälteverhaltens von Isolierölen auch im Hinblick auf die modernen Schalterkonstruktionen erhöhte Bedeutung zuzumessen ist. Die diesbezüglichen Arbeiten, mit denen ein besonderer Unterausschuß betraut wurde, haben dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik Veranlassung gegeben, auch seinerseits allgemein der Frage des Kälteverhaltens von Ölen erneut größte Aufmerksamkeit zu schenken und nunmehr zu versuchen, den bisherigen Unzulänglichkeiten der experimentellen Untersuchung durch die Normung eines einwandfreien Prüfverfahrens zu begegnen. Die in dem VDE-Unterausschuß vorliegenden Erkenntnisse und Erfahrungen konnten erfolgreich für diesen Zweck bereitgestellt werden. Die Neubearbeitung des von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung herausgegebenen Ölbuches wurde in enger Fühlungnahme mit dem VDE vorgenommen. Wichtig ist hier insbesondere die Feststellung, daß diese Arbeit hinsichtlich der Schalter- und Transformatorenöle von selbständigen Forderungen absieht und sich aufs engste an die VDE-Vorschriften anlehnt.

DIN VDE-Normblätter.

Innerhalb des Normensammelwerkes des Deutschen Normenausschusses wird auch das Gebiet der Elektrotechnik in zahlreichen Normblättern behandelt. Der VDE, der die ihm in seiner Eigenschaft als Fachnormenausschuß für das Gebiet der Elektrotechnik zufallenden Arbeiten in engster Gemeinschaftsarbeit mit dem Deutschen Normenausschuß, der Normenstelle der WEI und allen anderen beteiligten Kreisen durchführt, ließ auch diesem Teil seiner Arbeiten in der Berichtszeit besondere Förderung angedeihen.

Seit April 1935 sind 5 Normblätter neu erschienen, so daß sich die Zahl der bisher aufgestellten DIN VDE-Normblätter auf 425 erhöht. In abgeänderter Ausgabe sind 8 Normblätter erschienen, die in vorstehender Zahl nicht einbegriffen sind. 7 Normblattentwürfe wurden in der ETZ zur Kritik gestellt. In Ausnahmefällen erfolgte die Veröffentlichung in anderen Fachzeitschriften, wobei in der ETZ auf diese Veröffentlichung hingewiesen wurde. In Arbeit befinden sich außerdem Entwürfe zu 28 weiteren Blättern, die zum Teil neuere Normblätter, zum Teil geänderte Ausgaben bestehender Blätter ergeben sollen.

Die bisher vorliegenden DIN VDE-Normblätter wurden daraufhin überprüft, ob sie im Interesse der Verwendung devisensparender Rohstoffe durch Umstellnormen für die einheimische Verwendung zu ersetzen sind. In einigen Fällen wurde die Ausarbeitung derartiger Normen für angebracht gehalten und die Bearbeitung in Angriff genommen.

Internationale Zusammenarbeit.

Weit über die Grenzen Deutschlands hinaus haben die Arbeiten des VDE Anerkennung gefunden; zum Teil sind sie unverändert im Ausland in Anwendung.

Um die Anerkennung der VDE-Vorschriften im Ausland zu erreichen, genügt es nicht, daß die Vorschrift als solche gut ist, es muß ein unmittelbarer Meinungsaustausch mit den maßgeblichen Vertretern des fremden Landes hinzukommen. Aus diesem Grunde pflegt der VDE seit Jahrzehnten einen regen Gedankenaustausch mit den Vertretern der Elektrotechnik des Auslandes. Die durch den Krieg hervorgerufene Unterbrechung der internationalen Zusammenarbeit ist wieder behoben.

Besonders enge Beziehungen unterhält der VDE zu den Elektrotechnischen Vereinigungen in Österreich, Ungarn und der Schweiz.

Deutsches Komitee der Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC).

Das Deutsche Komitee hat sich an der im Juni 1935 in Scheveningen und Brüssel stattgefundenen Volltagung der IEC beteiligt, wo über folgende Gebiete beraten wurde:

Benennungen, Maschinen und Transformatoren, Schaltzeichen und Schaltbilder, Dampfturbinen, Fassun-

Digitized by Google

gen und Sockel, Aluminium, Normalspannungen, Hochspannungs-Isolatoren, elektrische Bahnausrüstung, Isolieröle, Freileitungen, Funkwesen, elektrische Meßinstrumente, Schellack, Klemmenbezeichnungen, Hochspannungs-Schaltgeräte, elektrische Schiffsausrüstung, Verbrennungsmotoren, Kabel, Akkumulatoren, Stromrichter.

Ein ausführlicher Bericht hierüber ist in der ETZ veröffentlicht worden.

Mehrere Sitzungen des Sachverständigen-Ausschusses des Internationalen Ausschusses für Rundfunkstörungen fanden statt, an denen das Deutsche Komitee gleichfalls beteiligt war und mitarbeitete.

Deutscher Ausschuß der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension (CIGRE).

Der Deutsche Ausschuß der Internationalen Hochspannungs-Konferenz nahm an der 8. Tagung der CIGRE vom 27. Juni bis 6. Juli 1935 in Paris teil und war mit 22 Fachberichten vertreten.

Die CIGRE behandelt bekanntlich Fragen, die die Erzeugung und Umformung der Energie, Bau, Isolierung und Wartung der Leitungen, Betrieb und Schutz der Netze betreffen. Ausführlicher Bericht hierüber ist in der ETZ gegeben worden.

Außerdem arbeitete der DA in zahlreichen Unterausschüssen der CIGRE mit, welche die Aufgabe haben, schwebende technische Fragen durch Aussprache zwischen den Vertretern der einzelnen Länder zu klären sowie wissenschaftliche Vorarbeiten für später durch die IEC zu erlassende Prüfvorschriften zu leisten.

Für die nächste Volltagung 1937 wurden die Vorarbeiten für die von Deutschland einzureichenden Fachberichte aufgenommen.

Commission Mixte Internationale pour les Relatives à la Protection des Lignes Téléphoniques et des Canalisations Souterraines (CMI).

Um über die in außerdeutschen Ländern, insbesondere in Frankreich, ausgeführten und noch auszuführenden Großversuche über die Beeinflussung der Nachrichtenleitungen durch Starkstrom unterrichtet zu sein, ist der VDE am 1. Januar 1936 Mitglied der CMI (Commission Mixte Internationale pour les Relatives à la Protection des Lignes Téléphoniques et des Canalisations Souterraines) geworden. Der Beitritt des VDE zur CMI hat den Beifall der Anfang dieses Jahres abgehaltenen Vollversammlung gefunden; wie aus dem hierüber erschienenen Bericht hervorgeht, besteht für den VDE die Möglichkeit, durch engere Mitarbeit insbesondere in dem Comité d'Etude 2 (Messungen zur Verminderung der durch Stromrichter verursachten Telephonstörungen (Gleichrichter, Wechselrichter, Umrichter)) zu einer für alle Beteiligten nützlichen Gemeinschaftsarbeit wertvolle Beiträge zu liefern.

Union Radio-Scientifique Internationale (URSI).

Am 5. März 1936 fand im Reichs- und Preußischen Ministerium unter der Beteiligung des VDE die Gründung des Deutschen Länderausschusses der Ursi statt. Über die deutsche Mitarbeit kann nach dieser kurzen Zeit naturgemäß ein Bericht noch nicht gegeben werden.

Installations-Fragen-Kommission (IFK).

An den Arbeiten der IFK hat Deutschland auch im letzten Jahre regen Anteil genommen. In mehreren Sitzungen des Deutschen Ausschusses mußte zu den IFK-Vorschlägen Stellung genommen werden. An der im Mai stattgefundenen Tagung in Budapest nahmen die Vertreter des Deutschen Ausschusses teil.

Die Verbandsarbeit.

Die Vereinheitlichung der Verbandsarbeiten machte weitere Fortschritte und ermöglichte die Durchführung wertvoller Maßnahmen in der Zusammenarbeit mit den Gauen. Die wechselseitigen Beziehungen zwischen der Reichsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Arbeit sowie der Partei, deren Gliederungen und dem NS-Bund Deutscher Technik waren sowohl seitens der Hauptgeschäftstelle als auch seitens der Gaue sehr gut und sehr rege.

Wenn auch eine endgültige Klärung des Verhältnisses zwischen den in der RTA zusammengeschlossenen technisch-wissenschaftlichen Verbänden und der Deutschen Arbeitsfront noch nicht herbeigeführt werden konnte, so kann doch von einem guten Einvernehmen zwischen dem VDE und der Deutschen Arbeitsfront berichtet werden. So wurden in verschiedenen unserer Gaue gemeinsame Veranstaltungen abgehalten und für die von der Deutschen Arbeitsfront benötigten Vorträge über elektrotechnische Fragen (Gutes Licht — Gute Arbeit, Unfall- und Schadenverhütung usw.) Vortragende durch den VDE gestellt.

Auch in dem letzten Jahr war die Zusammenarbeit mit den Reichs- und Staatsbehörden, Parteistellen, den Gliederungen der Partei und ihrer angeschlossenen Verbände, den Instituten der Wissenschaft, der Elektrowirtschaft und Industrie, dem Handel und Gewerbe sowie allen Mitarbeitern in unseren Ausschüssen in jeder Beziehung erfreulich und erfolgreich.

Es ist uns daher eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle allen unseren Mitarbeitern und Förderern den Dank des Verbandes auszusprechen.

Der Vorstand hielt zwei Sitzungen, der Vorstandsrat eine Sitzung, die Wissenschaftliche Abteilung sechs und die technischen Ausschüsse 210 Sitzungen ab. Außerdem fanden im Rahmen der internationalen Arbeiten etwa 30 Sitzungen statt.

Um den Mitgliedern neben den durch die Vortragsveranstaltungen in den Gauen vermittelten neuen Erkenntnisse die Möglichkeit einer weiteren wissenschaftlichen Fortbildung zu geben, besitzt eine große Anzahl unserer Gaue eigene technische Büchereien. Andere Gaue, bei denen die Mittel zum Aufbau einer eigenen Bücherei technisch-wissenschaftlicher Art nicht vorhanden waren, haben mit derartigen Bibliotheken anderer Institute Abkommen getroffen, auf Grund deren den Mitgliedern eine Benutzung der am Orte vorhandenen wissenschaftlichen Werke und Handbibliotheken ermöglicht ist.

Zu bemerkenswerten Jubiläen von Hochschulen, Fachschulen und sonstigen entsprechenden Gelegenheiten hat der VDE verschiedentlich Stipendien und Zuwendungen für besondere Zwecke zur Verfügung gestellt.

Weiterhin sei erwähnt, daß einigen besonders fähigen Berufskameraden der Besuch der Leipziger Messe auf Kosten des Verbandes ermöglicht werden konnte.

Der Verband hat sich auch im letzten Jahr größter Sparsamkeit befleißigt. Der Personalbestand des VDE be-

Digitized by Google

trägt ausschließlich der ETZ-Verlag G. m. b. H. 60 Personen, außerdem wurden zeitweilig Hilfskräfte eingestellt, um die stark angewachsenen Arbeiten erledigen zu können.

Das finanzielle Ergebnis des VDE ist dank des allgemeinen wirtschaftlichen Aufschwunges gut.

Die ansteigende Linie der Mitgliederbewegung hat angehalten.

Gegenüber einem Bestand von 6 927 Mitgl. am 1. Mai 1935 betrug die Mitgliederzahl . 8 270 „ „ 1. „ 1936.

Die zentrale Zusammenfassung der Arbeiten des VDE hat auch für die Leiter der Gaue und ihre Mitarbeiter zahlreiche Pflichten und Aufgaben gebracht, für deren wertvolle Mitarbeit im Interesse des Verbandes und der Allgemeinheit wir auch an dieser Stelle unseren herzlichsten Dank aussprechen.

Jungingenieurwesen.

Im vergangenen Jahre hat der Verband der Jungingenieurarbeit besondere Aufmerksamkeit und Liebe geschenkt. Da in Berlin als dem Hauptsitz der deutschen elektrotechnischen Industrie naturgemäß die größte Anzahl von noch jungen lernenden Fachgenossen auf verhältnismäßig kleinem Raume zusammengedrängt ist, haben wir mit der Jungingenieurarbeit in der Reichshauptstadt begonnen. Zur Zeit arbeiten hier dreizehn nach Fachgebieten unterteilte Arbeitsgemeinschaften. Da es nicht Sinn dieser Arbeit sein kann, Spezialisten auf engen Fachgebieten zu erziehen, sondern im Gegenteil Wesen und Ziel der Jungingenieurarbeit sein muß, den Gesichtskreis zu weiten und erkennen zu lernen, daß die eigene Arbeit erst dann einen Sinn erhält, wenn sie unter bewußter Ausrichtung und Eingliederung in die Gesamtheit geleistet wird, ist durch organisatorische Maßnahmen dafür Sorge getragen, daß die Teilnehmer an den einzelnen Arbeitsgemeinschaften in regelmäßigen Zeitabständen mit den Arbeiten der anderen Fachgruppen vertraut gemacht werden. Eine enge Verbindung zwischen den Leitern dieser Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaften und den älteren erfahrenen Mitgliedern des VDE-Gaues Berlin-Brandenburg gibt die Gewähr, daß die Erfahrungen und Erkenntnisse der älteren Berufskollegen dem jungen Ingenieur zur Kenntnis gebracht werden, und daß umgekehrt auch auf seiten der Altingenieure weitgehend Verständnis für die Jungingenieurarbeit aufgebracht wird.

Die zweite Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaft entstand im VDE-Gau Thüringen. Die Arbeitsgruppen in Erfurt, Ilmenau, Weimar, Hildburghausen und Frankenhausen arbeiten unter gänzlich anderen Bedingungen, auf die im Rahmen der Jungingenieur-Kundgebung näher eingegangen wird. Besondere Erwähnung verdienen an dieser Stelle noch die Jungingenieurarbeiten im VDE-Gau Bergisch-Land und Südsachsen.

Da die Arbeit und Ausbildung des Jungingenieurs nur eine Berechtigung haben kann, wenn die fachliche Arbeit unter politischer Zielsetzung und Führung geschieht, ist ein enges Zusammenarbeiten mit dem NS-Bund Deutscher Technik bei diesen Fragen besonders wichtig. Wir freuen uns, hier feststellen zu können, daß auch in dieser Hinsicht eine befriedigende Zusammenarbeit stattgefunden hat.

Wir haben im Berichtsjahr das Versuchsstadium abgeschlossen und glauben, genügend Erfahrungen gesammelt zu haben, so daß wir nunmehr mit zielsicherer Aufbauarbeit bei der fachlichen Betreuung des Nachwuchses beginnen können.

Wissenschaftliche Abteilung.

Die Wissenschaftliche Abteilung des VDE nahm in sechs Sitzungen zu grundlegenden Fragen über wissenschaftliche Veröffentlichungen und Veranstaltungen des VDE Stellung.

Sie hatte mehrfach Gelegenheit, das Vortragswesen des Verbandes richtunggebend zu beeinflussen. Es wurde insbesondere Wert darauf gelegt, Vorträge zur Unterstützung und Förderung bestimmter Maßnahmen zu veranlassen. So ist es gelungen, die Werbeveranstaltung des Amtes für Schönheit der Arbeit der Deutschen Arbeitsfront „Gutes Licht — Gute Arbeit“ durch rd. 30 Vorträge in den Gauen des VDE zu unterstützen. Zahlreiche Vorträge über Elektrofahrzeuge sollten der Verwendung von Elektrizität als heimischer Treibstoff größere Beachtung zuwenden. Den Gauen des VDE wurden Zusammenstellungen wissenschaftlich wertvoller Vorträge und Filme zur Verfügung gestellt.

Um die Kenntnisse der Fachgenossen zu erweitern, wurde der Monteurfortbildung besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Zahlreiche Gaue des VDE haben schon seit längerer Zeit Monteurfortbildungskurse eingerichtet, die von den zuständigen Handwerkskammern als Vorbereitungskurse für die Meisterprüfung anerkannt sind. In Orten, in denen von anderen Stellen, wie z. B. der Elektroinnung, der Deutschen Arbeitsfront u. dgl., solche Lehrgänge veranstaltet werden, haben sich die örtlichen Gaue des VDE zur Mitarbeit bereit erklärt und ihre Unterstützung zur Verfügung gestellt.

Weiter befaßte sich die Wissenschaftliche Abteilung mit der Auswahl und Festsetzung der Fachberichte für die 38. Mitgliederversammlung 1936.

Zur Vergebung von Stipendien aus der 250 000 RM betragenden Stiftung des Elektrotechnischen Vereins hat sich die Wissenschaftliche Abteilung mit den eingegangenen Anträgen befaßt und konnte in zwei Fällen die Befürwortung der Anträge aussprechen.

Für die Ausgestaltung der ETZ und des Archivs für Elektrotechnik wurden mehrfach wertvolle Anregungen gegeben.

Veröffentlichungen.

Den Veröffentlichungen des Verbandes wurde weiterhin von seiten der Geschäftstelle größte Aufmerksamkeit geschenkt und von der Öffentlichkeit lebhaftes Interesse entgegengebracht.

Die „Elektrotechnische Zeitschrift“ hat auch im vergangenen Jahr, wie es ihrem Charakter als Zentralblatt der Elektrotechnik zukommt, aus allen Gebieten der Elektrotechnik regelmäßig berichtet.

Digitized by Google

Einzelne Gebiete, denen augenblicklich erhöhte Bedeutung zukommt, wurden hierbei verstärkt berücksichtigt. So wurde beispielsweise über das Gebiet der Fernmelde- und Fernwirktechnik ausführlicher berichtet als in den vergangenen Jahren, um die Fachgenossen über deren Anwendungsmöglichkeiten auf allen Einzelgebieten der Elektrotechnik zu unterrichten. Das gleiche gilt von den Umrichterfragen und der Elektrowärme, über die verhältnismäßig zahlreiche Aufsätze veröffentlicht wurden. Zur Unterstützung und Vorbereitung der Verbandsarbeiten über Meßkugelfunkenstrecken wurden eine Reihe von Arbeiten gebracht, um auch auf diese Weise zur Lösung der für die Hochfrequenz so wichtigen Frage beizutragen.

Andererseits hat die ETZ verschiedene Hefte ganz oder teilweise auf besondere Themen ausgerichtet. Dies gilt, abgesehen von den auch in diesem Jahre erschienenen beiden Messeheften, insbesondere für die Behandlung folgender Fragen: Anläßlich der Jahrhundertfeier der deutschen Eisenbahn brachte die ETZ in Heft 29/1935 Aufsätze über die Elektrotechnik im Verkehrswesen. Zur Unterstützung der Aktion „Gutes Licht — Gute Arbeit" wurden in Heft 43/1935 eine Reihe von einschlägigen Aufsätzen aus dem Gebiet der Lichttechnik veröffentlicht. Heft 4/1936 war der Meßtechnik, Heft 6/1936 den Photozellensteuerungen, einem Gebiet, dem noch große Anwendungsmöglichkeiten vorbehalten sind, gewidmet. In Heft 13/1936 veröffentlichte die ETZ einen vollständigen Überblick über die elektrischen Einrichtungen des Luftschiffs LZ 129 „Hindenburg", während in Heft 20/1936 eingehende Beschreibungen der elektrischen Einrichtungen des umgebauten Deutschen Opernhauses in Berlin enthalten waren, wodurch der neueste Stand der Anwendung der Elektrotechnik in der Bühnentechnik gezeigt werden konnte. Zur Jahrhundertfeier der Technischen Hochschule Darmstadt wurde ein umfangreiches Sonderheft der ETZ herausgegeben, in dem aus der Feder der Dozenten und früheren Schüler der Hochschule Aufsätze aus allen Gebieten der Elektrotechnik veröffentlicht waren.

Ihre besondere Aufmerksamkeit hat die ETZ im abgelaufenen Jahr auch einer sorgfältigen Berichterstattung über die Vorträge in den Gauen des VDE gewidmet. Außerdem wurde in Heft 28/1935 und Heft 17/1936 über die vorjährige VDE-Mitgliederversammlung bzw. über die diesjährige Leipziger Messe ausführlich berichtet.

Seit Beginn des neuen Jahres hat die ETZ einen besonderen Teil „Für den Jungingenieur" geschaffen, der in jedem zweiten Heft — abwechselnd mit dem Wirtschaftsteil — veröffentlicht wird und durch dessen Aufsätze dem jüngeren Elektroingenieur das Eindringen in sein Fachgebiet erleichtert und ihm gleichzeitig Gelegenheit geboten werden soll, in der ETZ selbst zu Wort zu kommen. Die ETZ hofft, mit diesen vorwiegend zusammenfassenden Aufsätzen insbesondere denjenigen Fachgenossen etwas bieten zu können, die nicht einseitig werden und imstande bleiben wollen, die Erkenntnisse und Hilfsmittel möglichst vieler anderer Gebiete für ihre Sonderaufgaben nutzbringend zu verwenden.

Der „Wirtschaftsteil" erfuhr eine wertvolle Bereicherung durch die regelmäßigen wirtschaftsstatistischen Veröffentlichungen aus der deutschen und internationalen Elektrotechnik, die von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie zusammengestellt wurden, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei.

Erfreulicherweise konnten wir mit Beginn des Jahres 1936 den Umfang des Textteils wiederum um einige Seiten in jedem Monat erweitern. Diese Maßnahme soll nach Möglichkeit fortgeführt werden, um den Verbandsmitgliedern und den Lesern in jedem Heft soviel wie möglich bieten zu können.

Das „Archiv für Elektrotechnik" erfuhr mit Beginn des Jahres 1936 einen Wechsel in seiner Leitung. Herr Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. W. Rogowski VDE, Aachen, legte aus gesundheitlichen Gründen und wegen Arbeitsüberlastung sein Amt nieder, und die Herausgabe erfolgt nunmehr im Auftrage des VDE gleichzeitig mit der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ durch Herrn Dr.-Ing. habil. Harald Müller VDE. Das Archiv sieht wie bisher seine Hauptaufgabe darin, vorwiegend über Forschungsergebnisse auf dem Gebiet zu berichten, in dem technische und physikalische Fragen ineinander übergehen, und in dieser Richtung eine Ergänzung der ETZ zu sein. Zur Zeit steht neben den eigentlichen Forschungsarbeiten die Veröffentlichung einiger zusammenfassender Berichte aus dem Gebiet der theoretischen Elektrotechnik im Vordergrund.

Die „Rundschau Technischer Arbeit" war bestrebt, das Gebiet der Elektrotechnik in stärkerem Maße zu berücksichtigen, als es auf Grund ihres Entstehens aus den in erster Linie den allgemeinen Maschinenbau berücksichtigenden „VDI-Nachrichten" bisher der Fall gewesen war, und es ist auch für die Zukunft beabsichtigt, diese Entwicklung vom VDE aus zu unterstützen.

Die „Technische Zeitschriftenschau" erschien im Berichtsjahr in ihrer bisherigen Form, wobei die Elektrotechnik nach wie vor in jeder Nummer einen in sich abgeschlossenen Teil einnimmt.

Von den fremdsprachlichen technischen Auslandszeitschriften sind im Berichtsjahr außer den bisher erschienenen englischen und spanischen Ausgaben weitere in französischer, portugiesischer und italienischer Sprache herausgebracht worden, wodurch auch in den Ländern dieser Sprachen dem Export der deutschen Industrie gedient werden soll.

Das VDE-Vorschriftenbuch erfuhr infolge der fortlaufend steigenden Beachtung, die den VDE-Vorschriften geschenkt wird, und dem erhöhten Beschäftigungsgrad von Gewerbe und Industrie eine größere Verbreitung denn je, so daß auch ein notwendig gewordener Nachdruck der im Vorjahr erschienenen 20. Auflage inzwischen vergriffen ist. Eine 21. Auflage ist für Anfang 1937 geplant. Die über 100 Einzelausgaben von VDE-Vorschriften wurden darüber hinaus im vergangenen Jahr in einer Gesamtauflage von über 150 000 verbreitet.

Die VDE-Fachberichte 1935, in denen die auf der VDE-Mitgliederversammlung in Hamburg gehaltenen Vorträge veröffentlicht wurden, konnten im Herbst 1935 der Öffentlichkeit übergeben werden. Diese Bände finden, wie die Absatzzahlen zeigen, ein laufend steigendes Interesse in der in- und ausländischen elektrotechnischen Fachwelt.

Durch die Übersetzungen von VDE-Vorschriften in fremde Sprachen, die im Einvernehmen mit dem „Ausschuß für Übersetzung deutscher Normen und Lieferbedingungen beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit" (Afü beim RKW) vorgenommen wurden, erwuchs der Verlagsabteilung des Verbandes eine neue fruchtbringende Aufgabe. Diese Übersetzungen, die dem Ausländer die Bestellung nach deutschen Vorschriften erleichtern und dadurch dem deutschen Export dienen sollen, sind bisher in einer Gesamtauflage von rd. 136 000 Exemplaren verbreitet worden. Weitere fremdsprachliche Ausgaben befinden sich in Vorbereitung. An Sprachen konnten Englisch, Französisch, Portugiesisch und Spanisch berücksichtigt werden, jedoch liegen darüber hinaus weitere Übersetzungen von VDE-Vorschriften in griechischer, kroatischer, polnischer, slowenischer und spanischer Sprache vor.

Digitized by Google

Ausstellungen und Messen.

Der VDE zeigte in diesem Jahre erstmalig auf der Ausstellung Schadenverhütung, die von der „Arbeitsgemeinschaft für Schadenverhütung", Gau Groß-Berlin, erstellt wurde, Ausschnitte aus seinem umfangreichen Arbeitsgebiet. Die im Sinne der Schadenverhütung sehr lehrreichen Modelle, wie behelfsmäßig hergestellte Elektrowärmegeräte, Fliegentöter usw., die in einer allen Sicherheitsvorschriften hohnsprechenden Weise zusammengebaut waren, gaben dem Ausstellungsbesucher ein eindringliches Bild, wie sehr Leben und Gesundheit der Familie aufs Spiel gesetzt ist und welche Brandgefahren für Haus und Hof sich bei der Benutzung solcher mangelhaft ausgeführten Geräte ergeben.

Auf dem Gautag der Technik auf der Ausstellung „Technisches Schaffen" im Gau Halle-Merseburg, zeigte der VDE in anschaulicher und sinnfälliger Weise sein umfangreiches Arbeitsgebiet und erregte damit größte Aufmerksamkeit.

Auf der 3. Reichsnährstandsschau in Frankfurt a. M. wurde den deutschen Bauern und Landwirten durch Lehrtafeln des VDE über Falsch- und Richtig-Installationen die Notwendigkeit einer fachgemäßen Anlage aufgezeigt. Eine Sammlung unvorschriftsmäßiger elektrischer Hausgeräte unterstützte die Forderung nach fachmännischer Arbeit und Beratung in allen Betriebszweigen.

Die Beteiligung in noch größerem Umfange an entsprechenden Ausstellungen ist wegen der für die allgemeine Aufklärung nicht zu unterschätzenden Bedeutung in Aussicht genommen.

Leipziger Messe.

Auf der Leipziger Frühjahrsmesse hat der VDE auf denselben Ständen wie in den vergangenen Jahren Rat und Auskunft erteilt und sein Schrifttum ausgelegt.

Der Messe-Ausschuß des VDE besichtigte am 4. 3. 36 die Ausstellungsstände der elektrotechnischen Firmen. Der größte Teil der Aussteller elektrotechnischer Erzeugnisse war wieder in Halle 10 dem „Haus der Elektrotechnik". Außerdem war die Hälfte der Halle 6 von elektrotechnischen Firmen belegt. Weiterhin befanden sich in den Hallen auf dem Messegelände verstreut einzelne elektrotechnische Ausstellungsstände. Haushaltgeräte und Beleuchtungskörper wurden in den Messehäusern der Innenstadt gezeigt.

Viele Hersteller sind genötigt, zwei Arten von elektrischen Erzeugnissen auf den Markt zu bringen, und zwar in hochwertiger Ausführung für den Bedarf Deutschlands und einiger Länder und in einer zweiten billigeren Ausführung als sogenannte Exportware.

Es war erfreulich festzustellen, daß in der Hebung der Qualität der elektrotechnischen Erzeugnisse für den deutschen Markt gegenüber früheren Jahren wiederum erhebliche Fortschritte verzeichnet werden konnten.

Auf dem Gebiet des Installationsmaterials, also bei Schaltern, Steckvorrichtungen, Fassungen, Abzweigdosen und dgl. wurden nennenswerte Abweichungen von den VDE-Bestimmungen kaum festgestellt.

Bei Elektrowerkzeugen, Elektrowärmegeräten, elektrisch angetriebenen Handgeräten und Beleuchtungskörpern mußten verschiedene Mängel beanstandet werden: Bei einigen Elektrowerkzeugen mit fest angeschlossener Zuleitung fehlte ein in der Zuleitung liegender Schutzleiter. Die Zuleitungen von Heißluftduschen und Beleuchtungskörpern gaben zu den meisten Beanstandungen Anlaß. An Stelle der runden NSA-Schnüre und Gummischlauchleitungen werden immer noch Fassungsadern, Pendelschnüre oder nicht den VDE-Vorschriften entsprechend verseilte NSA-Schnüre verwendet. Unvorschriftsmäßige Stecker fanden sich weniger an Tischleuchten als vielmehr in größerer Anzahl an Photolampen, photographischen Vergrößerungsapparaten und elektromedizinischen Geräten.

Im ganzen gesehen muß jedoch festgestellt werden, daß die VDE-Vorschriften eingehalten und die aufgezeigten Mißstände nur bei einem kleinen Prozentsatz der Ausstellungsgegenstände angetroffen wurden.

Prüfstelle.

Im Geschäftsjahr 1935/1936 wurden von der VDE-Prüfstelle etwa 1600 Zeichenprüfungen und Begutachtungen durchgeführt, von denen zwei Drittel ein günstiges Ergebnis hatten. Die an isolierten Leitungen und Isolierrohren durchgeführten Prüfungen sind in diesen Zahlen nicht enthalten.

In der gleichen Zeit wurden etwa 850 Überprüfungen an Erzeugnissen, die mit dem VDE-Zeichen versehen waren, durchgeführt. In etwa 500 Fällen wurden keine oder nur kleinere Mängel festgestellt, während bei den übrigen Prüfungen größere Beanstandungen zu machen waren, die der VDE-Prüfstelle Veranlassung gaben, Verwarnungen auszusprechen oder Vertragsstrafen festzusetzen. Die Überwachung der Hersteller von isolierten Leitungen und von Isolierrohren wurde im gleichen Umfange wie im Vorjahr durchgeführt.

Wie im vergangenen Jahre mußten auch in der Berichtszeit wieder verschiedene Fälle der mißbräuchlichen Benutzung des Verbandszeichens verfolgt werden. In einigen besonders krassen Fällen erstattete die VDE-Prüfstelle Strafanzeige wegen wissentlicher Warenzeichenverletzung bzw. wegen unlauteren Wettbewerbes. Soweit diese Fälle schon erledigt sind, wurden die Urteile in der ETZ bekanntgegeben.

Reichsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Arbeit.

Die RTA hat im Berichtsjahr einen Zuwachs von mehr als 10 Vereinen erhalten. Sie umfaßt heute insgesamt 43 technisch-wissenschaftliche Vereine. Zum Beginn dieses Jahres wurde die Fachgruppe „Bergbau" neu gebildet. Der federführende Fachgruppenverein ist der Verein Deutscher Bergleute. Weiter muß die neue „Arbeitsgemeinschaft für berufsständische Fragen" erwähnt werden. Nach dem Willen des Präsidenten der RTA, des Beauftragten für die Technik und deren Organisationen, tritt diese Arbeitsgemeinschaft an Stelle der bisherigen gesonderten berufsständischen Vereine und bearbeitet die berufsständischen Fragen der deutschen Ingenieure insgesamt.

Im übrigen stand das vergangene Jahr im Zeichen der vom Generalinspektor Dr.-Ing. Todt angeordneten engeren Verbindung zwischen dem Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik (NSBDT) und der Reichsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Arbeit. Nachdem die in den einzelnen Gauen ernannten Obmänner der tech-

Digitized by Google

nischen Organisationen am 1. Februar 1935 erstmalig zu einer gemeinsamen Tagung unter dem Vorsitz von Herrn Dr.-Ing. Todt zusammengerufen waren, nahmen sie ihre Arbeit tatkräftig auf. Die Überführung der Mitglieder des NSBDT in die Fachvereine wurde von Herrn Dr. Todt befohlen und kann als zum großen Teil durchgeführt betrachtet werden; desgleichen wurden sämtliche Mitglieder der NSDAP, die bisher nur einem Fachverein, nicht aber dem NSBDT angehörten, automatisch in den NSBDT übergeführt.

In 10 Gauen wurden gemeinsame Mitteilungsblätter für den NSBDT und die RTA-Bezirksorganisationen geschaffen, meist in Fortsetzung eines in dem betreffenden Gau bestehenden Nachrichtenblattes einer einzelnen technischen Organisation. In weiteren 7 Gauen ist die Herausgabe eines gemeinsamen Mitteilungsblattes beabsichtigt.

Den Höhepunkt der technischen Veranstaltungen im Jahre 1935 bildete der im Juni in Breslau durchgeführte Tag der Deutschen Technik, auf dem auch der Stellvertreter des Führers zu den deutschen Ingenieuren sprach. Auf der mit diesem Tag verbundenen Senatssitzung wurde neben der satzungsmäßig vorgesehenen Tagesordnung über die Aufnahme neuer Mitglieder, über die Ausgestaltung der Aufnahmebestimmungen der RTA-Vereine sowie über die Aufstellung einer Ehrenordnung beraten. Die Ehrengerichtsordnung ist inzwischen erschienen. Die Aufnahmebestimmungen haben durch die Nürnberger Gesetzgebung am Reichsparteitage der Freiheit eine weitere Ergänzung erfahren.

Deutsches Nationales Komitee der Weltkraftkonferenz.

Das Ereignis des Berichtsjahres war die Einladung des Amerikanischen Nationalen Komitees, die dritte Volltagung der Weltkraftkonferenz vom 7. bis 12. 9. 1936 in Washington abzuhalten. Die Weltkraftkonferenz führt somit in diesem Jahre zwei Tagungen durch, nämlich den unter ihrer Schirmherrschaft stehenden Chemie-Ingenieur-Kongreß vom 22. bis 27. 6. 1936 in London und die dritte Volltagung. Deutschland hat zu dem vom Englischen Organisations-Ausschuß aufgestellten technischen Programm insgesamt 20 Berichte angemeldet, für die die zuständigen führenden technischen Vereine die Patenschaft übernommen haben. Damit ist die Gewähr gegeben, daß es sich bei den deutschen Berichten um Ergebnisse und Erkenntnisse handelt, die in der gesamten Fachwelt Anerkennung finden.

Das technische Programm für die dritte Volltagung der Weltkraftkonferenz sieht vor, daß jedes Land bzw. jedes nationale Komitee zu 18 vom Amerikanischen Nationalen Komitee der Weltkraftkonferenz aufgestellten Themen nationale Berichte einreichen kann. Bei der dritten Volltagung liegt das Schwergewicht auf energiewirtschaftlichem Gebiete, und zwar besonders auf dem der Energieversorgung. Entsprechend dieser besonderen Fragestellung der dritten Vollkonferenz ist im Vorsitz des Deutschen Nationalen Komitees ein Wechsel eingetreten. Mit Zustimmung des Reichswirtschaftsministeriums ist der Vorsitz von Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Köttgen VDE auf den Leiter der Reichsgruppe Energiewirtschaft, Dir. Krecke, übergegangen.

Zusammen mit der dritten Volltagung findet auch der zweite Internationale Talsperren-Kongreß statt, für den die deutschen Berichte ebenfalls bereits eingereicht sind.

Von den Beschlüssen des Internationalen Hauptausschusses der Weltkraftkonferenz verdient noch hervorgehoben zu werden, daß die Zeitschrift „World Survey" und damit auch die mit der „World Survey" verbundene internationale Energie-Bibliographie ihr Erscheinen eingestellt hat.

Deutscher Normenausschuß.

Für die Bedeutung der vom Deutschen Normenausschuß geleiteten deutschen Vereinheitlichungsarbeit spricht es, daß im vergangenen Jahre über 400 neue Normen veröffentlicht werden konnten. Dabei ist zu beachten, daß in Deutschland grundsätzlich nur solche Normungsarbeiten in Angriff genommen werden, zu denen aus der Praxis angeregt wird. Wie auch die fertige Norm stets das Ergebnis einer freiwilligen Gemeinschaftsarbeit aller Beteiligten ist. Nach wie vor bilden die Normen der industriellen Technik den Grundstock des jetzt nahezu 6000 Blätter umfassenden Normenwerkes. Aber zwangsläufig mußten im Laufe der Zeit auch andere Gebiete in die Vereinheitlichung einbezogen werden, z. B. Verwaltung, Krankenhauswesen, Hauswirtschaft, Landwirtschaft, und diese Entwicklung setzt sich fort. Hinzu kommen die von der Gegenwart gestellten besonderen Normungsaufgaben national- und wirtschaftspolitischer Art.

Eine vordringliche Arbeit war auch beim Normenwerk die Umstellung auf Heimstoffe. Die Arbeiten begannen mit einer Durchsicht der gesamten seither geschaffenen Normen. In erster Linie wurden alle jene Normblätter herausgezogen, auf denen Fremdstoffe für die Herstellung der Erzeugnisse vorgeschrieben waren. Dann wurde mit Hilfe der Arbeits- oder Fachnormenausschüsse, die die betreffenden Normen seinerzeit geschaffen hatten, festgestellt, ob und in welchem Umfange Umstellungen auf Heimstoffe möglich seien. Das bisherige Ergebnis dieser Arbeiten liegt in rd. 30 fertigen Umstell-Normen vor. Weitere Umstell-Normen sind in Arbeit.

Um einen ständigen Ausgleich zwischen den Forderungen der Staatsführung und den Wünschen der Wirtschaft herbeiführen zu können, wurde mit dem Beginn der Umstellungsarbeiten ein Beirat für die Umstellung auf Heimstoffe beim Deutschen Normenausschuß geschaffen. Diesem Beirat gehören Vertreter der Überwachungsstellen, der Behörden, der führenden technisch-wissenschaftlichen Körperschaften sowie auch einige Sachverständige an, die bereits im Weltkriege an maßgebender Stelle an der Sicherung unserer damaligen Rohstoffwirtschaft mitgewirkt und nun ihre damals gesammelten Erfahrungen zur Verfügung gestellt haben. Bei dieser Stelle beschäftigt man sich nicht mit den Umstellungsaufgaben im einzelnen, sondern gibt allgemeine Richtlinien für die Durchführung der Umstellungsarbeiten und die Einführung der Umstell-Normen.

Forschung tut not.

Die ausschlaggebende Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeit für das Wohl der Gesamtheit macht es notwendig, daß sie bei ihrem Schaffen sich auf das Interesse und die verständnisvolle Anteilnahme aller Volkskreise stützen kann.

Die vor fünf Jahren von den wissenschaftlichen Organisationen gegründete Gemeinschaft „Forschung tut not" will daher eine enge Verbindung zwischen der deutschen Forschung und der Allgemeinheit herstellen. Ihr gehörten im Berichtsjahre an: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur

Digitized by Google

Förderung der Wissenschaften, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, der Verband Deutscher Elektrotechniker, der Verein Deutscher Eisenhüttenleute und der Verein deutscher Ingenieure.

In einer von der Gemeinschaft herausgegebenen Schriftenreihe geben bedeutende Wissenschaftler in kurzen Abrissen in allgemeinverständlicher Form Überblicke aus ihren Schaffensgebieten und ermöglichen es so jedem Volksgenossen, einen Einblick in die Arbeit der Werkstätten des Geistes zu tun. Ein regelmäßiger Pressedienst „Deutsche Forschung" gibt dreimal monatlich in einer Auflage von 400 Stück Aufsätze und Berichte über Arbeiten und Erfolge der deutschen Wissenschaft heraus, die in vielen Tageszeitungen und Zeitschriften Deutschlands und des deutschsprachigen Auslandes erscheinen.

Das Jahr 1935 war für die Gemeinschaft und ihre Bestrebungen erfolgreich. Nicht nur die Anteilnahme der deutschen Öffentlichkeit für Fragen der wissenschaftlichen Arbeit und Forschung nahm in erfreulichem Maße zu, es gelang ihr auch, die Anerkennung und die ideelle Unterstützung der maßgebenden staatlichen Stellen für ihr Wirken zu finden.

Unsere Toten.

Der Verband beklagt den Verlust zahlreicher Mitglieder, die uneigennützig ihr Wissen und Können zur Verfügung gestellt haben:

den Städt. Oberbaurat A. Höchtl, einen der Pioniere auf dem Gebiete des Installationswesens, unser langjähriges hochverdientes Vorstandsmitglied,

den Geh. Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. W. Kohlrausch, den seinerzeitigen Vorsitzenden, unser hochgeschätztes Ehrenmitglied,

den Vizepräsidenten des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins Dr. K. Sulzberger, dessen Name mit den freundschaftlichen Beziehungen zwischen dem schweizerischen und dem deutschen Verein besonders eng verknüpft ist und dessen hervorragendes Wissen wir bei internationalen Verhandlungen oft bewundern konnten.

Von den übrigen verstorbenen Mitgliedern seien genannt:

Verstorben vom 6. Mai 1935 bis 29. Mai 1936.

Ammann, Heinrich, Ingenieur, Berlin,
Angst, Werner, El.-Ing., Sissach (Schweiz),
Bacher, Karl, Ingenieur, Freudenstadt,
Baerwind, Guido, Ober-Ing., Mannheim,
Barkowski, Arthur, Zivil-Ing., Königsberg Pr.,
Bauer, Camille, Basel (Schweiz),
Bause, Ober-Ing., Kassel,
Bitter, A., Fabrikant, Kassel,
Blümer, W., cand. elektr., Stuttgart,
v. Böckh, Béla, Direktor, Budapest,
Cesarz, Georg, Elektr.-Ing., Hirschberg,
Domnick, Reinhold, Ober-Ing., Königsberg i. Pr.,
Dreyer, Otto, Dipl.-Ing., Remscheid,
Fricke, L., Ingenieur, Bad Soden a. Ts.,
Fölmer, M., Studiendirektor, Berlin-Zehlendorf,
Gaida, Willy, Stadtrat, Gleiwitz,
Geßmann, Th., Dipl.-Ing., Köln-Bayenthal,
Gosebruch, Wilhelm, Dr.-Ing., Ober-Ing., Berlin-Siemensstadt,
Gutzmann, Franz, Abt.-Direktor a. D., Berlin-Charlottenburg,
Haensel, Manfred, Dipl.-Ing., Bobrek,
Hänel, Fritz, Ober-Ing., Chemnitz,
Haller, Max, Dr.-Ing., Berlin-Grunewald,
v. Hermann, Rudolf, Direktor, Breslau,
Heyn, H., Ober-Ing., Datteln,
Hölz, E., Dipl.-Ing., Frankfurt a. Main,
Jacobsohn, Paul, Direktor, Berlin-Grunewald,
Klenkler, Fritz, Dipl.-Ing., Ekona (Westafrika),
Köhl, Robert, Fabrikant, Saarbrücken,
Lang, Bernhard, Dipl.-Ing., Halle,
Leininger, W., Ingenieur, Oberkaufungen,
Leiser, Julius, Ingenieur, Ludwigshafen,
Leonhardt, Bruno, Elektro-Kaufmann, Stuttgart,
Lenze, Philipp, Generaldirektor, Düsseldorf,
Ludin, Adolf, Ober-Ing., Berlin-Siemensstadt,
Maasberg, Otto, Betriebsdirektor, Berlin-Karlshorst,
Mattern, Emil, Prof. Senator E. h., Oberregierungs- und Oberbaurat a. D., Berlin-Westend,
Maunz, W., Elektrizitätswerkbesitzer, Ehingen/Donau,
Meyer, Siegfried, El.-Ing., Luzern,
Müller, Hugo, Ingenieur, Freiburg i. Br.
Natalis, Friedrich, Dr.-Ing., Ober-Ing., Prokurist, Berlin-Charlottenburg,
Neumann, Paul, Dr.-Ing., Ober-Ing., Berlin,
Neumann, Paul, Ober-Ing., Berlin-Wilmersdorf,
Nowotny, R., Dipl.-Ing., Freiburg i. Br.-Zähringen,
Otto, Curt, Fabrikdirektor, Berlin-Frohnau,
Pötschke, E. R., Fabrikant, Berlin-Tempelhof,
Quiring, Ludwig, Ingenieur, Mannheim-Waldhof,
Rappenglück, Max, Maschinenmeister, Kolbermoor,
Refflinghaus, Ad., Ingenieur, Duisburg,
Riso, Franz, Direktor, Halle,
Rittner, Carl, Direktor, Dresden,
Schumacher, R., Kaufmann, Frankfurt a. Main,
Stepper, Anton, Direktor, Hamburg,
Stiel, W., Dr.-Ing., Ober-Ing. und Prokurist, Berlin-Siemensstadt,
Stotz, Hugo, Direktor, Mannheim,
Wefels, Robert, Ober-Ing., Hannover,
Weinmar, Richard, Ober-Ing., Pforzheim,
Westphal, Hans, Ober-Ing., Prokurist, Berlin-Reinickendorf,
Weyers, A. W., Ingenieur, Köln-Deutz,
Zikeli, Emil, Direktor, Meran,
Zöllich, Hans, Dr. phil., Ober-Ing., Berlin-Siemensstadt.

Der Verband wird allen Mitgliedern stets ein ehrendes Angedenken bewahren.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 26. Juni 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 9. Juli 1936** **Heft 28**

Über störungsarmen Rundfunkempfang durch Gemeinschaftsantennen.

Von **H. Schindler** und **O. Schneider**, Berlin.

621. 396. 673

Übersicht. Die Frage der Entstörung ist eine der wichtigsten der Rundfunktechnik. Im folgenden*) sollen die Maßnahmen erörtert werden, die man im besonderen auf der Empfangsseite treffen kann, um einen möglichst störungsarmen Rundfunkempfang zu erhalten*).

In den zwölf Jahren, die seit der Einführung des Unterhaltungsrundfunks vergangen sind, hat sich die Technik ununterbrochen bemüht, die Rundfunksendung zu einem wirklich künstlerischen Erlebnis zu gestalten. Die mannigfaltigen Schwierigkeiten, die diesem Ziel entgegentraten, sind Schritt für Schritt überwunden worden. So haben Sender- und Empfängerbau heute einen hohen Grad technischer Vervollkommnung erreicht, und die Erfahrungen über den zweckmäßigen und störungsarmen Aufbau einer guten Empfangsanlage sind wesentlich bereichert worden. Besonders in den letzten Jahren hat sich dabei immer wieder die Erkenntnis bestätigt, daß eine richtig aufgebaute Antennenanlage eine unerläßliche Voraussetzung für die Gewährleistung eines genußreichen Rundfunkempfanges ist. Leider ist vielfach die irrige Meinung verbreitet, daß der Erwerb bzw. Besitz eines hochwertigen Rundfunkgerätes schon allein genügt, um alle Ansprüche an die Güte einer Fernübertragung zu erfüllen. Die Praktiker wissen es nur allzu genau, wie oft jemand mehrere hundert Mark für ein Rundfunkgerät ausgegeben hat und nicht dazu zu bewegen war, für dieses Rundfunkgerät eine nach technischen Gesichtspunkten einigermaßen vernünftige Antenne errichten zu lassen. Man glaubte, daß so ein teures Rundfunkgerät an der Lichtleitung, den Heizungsröhren, an den Saiten eines Klaviers und vielen anderen noch unmöglicheren Dingen einen ausgezeichneten Fernempfang zu allen Tages- und Nachtzeiten geben müsse. Erst wenn es gelingt, diese falsche Einstellung zu beseitigen, werden für den Rundfunkhörer die Vorzüge seines neuzeitlichen Empfängers wirklich zur Geltung kommen.

I. Allgemeines über den Störvorgang.

Die elektrischen Spannungen, welche Antenne und Empfänger störend beeinflussen, entstehen in elektrischen Anlagen und in der Atmosphäre. Diese Störspannungen machen sich in dem angeschlossenen Lautsprecher durch ein knackendes oder prasselndes Geräusch bemerkbar, das Genuß und Verständlichkeit der empfangenen Darbietung mehr oder weniger beeinträchtigt. Der Grad der Beeinträchtigung ist abhängig von dem Verhältnis der niederfrequenten Spannung, welche die Darbietung am Lautsprecher erzeugt (Nutzspannung u_n), zur niederfrequenten Spannung, welche die Störung am Lautsprecher hervorruft (Störspannung u_{st}). Der Empfang ist um so einwandfreier, je kleiner das Verhältnis u_{st}/u_n (Belästigungsgrad) ist. Versuche an einer Vielzahl von Personen haben gezeigt, daß ein Belästigungsgrad von 1 : 100 bis 1 : 50 im allgemeinen als durchaus zulässig bezeichnet werden kann. Den tonfrequenten Spannungen am Lautsprecher entsprechen hochfrequente Spannungen U_n und U_{st} am Empfängereingang, und zwar bestehen im allgemeinen zwischen den tonfrequenten Spannungen und den hochfrequenten Spannungen lineare Beziehungen. Zur Bekämpfung der Störungen hilft also sowohl eine Vergrößerung der Nutzspannung U_n als auch eine Verkleinerung der Störspannung U_{st}.

Zur Erreichung einer hohen Nutzeingangsspannung gibt es mehrere Wege. Man kann die Leistung der Sender erhöhen, wie es in den letzten Jahren geschehen ist. Dabei kommt man aber an eine wirtschaftliche Grenze, die z. Z. erreicht sein dürfte. Der Hörer hat insofern einen Einfluß auf die Größe der Nutzspannung, als ihm eine freie Wahl der Sender möglich ist, deren Feldstärke mit der Entfernung vom Empfangsort abnimmt. Es hat sich herausgebildet, daß man zwischen folgenden Empfangsarten unterscheidet:

a) Ortsempfang . . . Feldstärke
b) Bezirksempfang . . Feldstärke } > 3 mV/m,
c) Fernempfang . . . Feldstärke etwa 1 mV/m.

Dabei ist vom störtechnischen Standpunkt aus betrachtet der Ortsempfang am günstigsten, da man hier mit den größten Nutzspannungen am Empfänger rechnen kann. Eine Vergrößerung der effektiven Antennenhöhe vermindert die Störungen nicht, da die Störspannung angenähert im gleichen Verhältnis wächst. Ein weiterer Weg, der neuerdings wieder beschritten worden ist, ist der des hochfrequenten Drahtfunks[1]), bei dem den angeschlossenen Teilnehmern Programme über eine Fernsprechleitung zugeführt werden, wobei die Empfangsspannung um ein Mehrfaches größer ist als die des Ortsempfanges bei normalem Rundfunkempfang. Der hochfrequente Drahtfunk ist außerdem unbeeinflußt von atmosphärischen Störungen.

Zur Verringerung der Störungen durch Verkleinerung von U_{st} gibt es zwei Möglichkeiten. Einerseits können die Störungsquellen selber bekämpft werden, indem man die Ausbreitung der hochfrequenten Ströme durch Anwendung von Entstörungsmitteln unterdrückt[2]), und anderseits kann man die Empfangsanlage so aufbauen (geschirmt), daß den Störspannungen der Zutritt verwehrt wird. Es ergibt sich von selbst, daß man beide Maßnahmen gleichzeitig anwenden wird. Auch bei Anbringung von Entstörungsmitteln an allen elektrischen Maschinen und Geräten werden immer noch wenn auch geringere Störspannungen übrigbleiben. Außerdem sind der Entstörungstechnik aus Gründen der Wirtschaftlichkeit gewisse Grenzen gesetzt. So wird man durch zweckentsprechenden Aufbau der Empfangseinrichtung und insbesondere der Antennenanlagen das Übel weitgehend zu mindern suchen.

*) Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium und der Abteilung für Rundfunk und Kleinfabrikate des Wernerwerkes der Siemens & Halske AG.

[1]) Gladenbeck, ETZ 56 (1935) S. 121. H. Haertel, Siemens-Z. 15 (1935) S. 438.

[2]) Haertel u. Schneider, Siemens-Z. 15 (1935) S. 432.

Digitized by Google

II. Der zweckmäßige Aufbau der Antenne.

Zur Beantwortung der Frage, wie eine hochfrequenzmäßig günstige Antenne aussehen muß, ist es notwendig, daß man sich ein Bild macht von der Verteilung der Nutzfeldstärke in und über einem Haus[3]).

In einem zweistöckigen Wohnhaus verteilt sich die Nutzfeldstärke etwa wie folgt:

1 m über Dachfirst	100 %	erster Stock	20 %
Dachboden	70 bis 80 %	Erdgeschoß	5 bis 10 %
zweiter Stock	50 %	Keller	3 bis 5 %

Daraus ergibt sich die Forderung für den Antennenbauer, den wirksamen Teil der Antenne möglichst aus dem bebauten Raum hinaus zu verlegen. Hinzu kommt noch, daß die Verteilung des Störfeldes gerade umgekehrt ist, d. h. an den Stellen größter Nutzfeldstärke ist im allgemeinen mit der geringsten Störfeldstärke zu rechnen. Die Zuleitung von der Antenne zum Empfänger anderseits führt meist in größter Nähe von elektrischen Anlagen und Metallteilen vorbei, auf denen Störströme ihren Weg nehmen. Sie ist daher einer schädlichen Beeinflussung besonders leicht ausgesetzt, und man hat sich vor einigen Jahren in dieser Erkenntnis dazu entschlossen, diese Niederführung mit einem metallischen Schirm zu umgeben. Die Niederführung trägt ohnedies praktisch nur wenig zur Erhöhung der Nutzspannung bei, da diese im wesentlichen durch die Spannungsdifferenz (Integral der Feldstärke) zwischen dem höchsten Teil der Antenne und der Erde bestimmt wird. Die bei Anwendung einer geschirmten Niederführung beobachtbare Abnahme der Empfangsspannung beruht in der Hauptsache auf Anpassungsverlusten zwischen wirksamer Antenne, Niederführung und Gerät (vgl. hierüber Abs. V). Abb. 1 stellt die Schirmwirkung anschaulich dar. Den Störer kann man sich durch eine Spannungsquelle ersetzt denken. Der über die Kapazität K fließende Störstrom nimmt jetzt nicht mehr seinen Weg über die Innenader, sondern über den Schirm zur Erde[4]). Es können daher nur noch Störungen eindringen über die Kopplung K' zwischen Störer bzw. Störströme führenden Metallteilen des Gebäudes und dem wirksamen (ungeschirmten) Teil der Antenne. Bei den derzeitigen Antennenformen kann man also durch Anwendung der geschirmten Niederführung und der Wahl eines entsprechend großen Abstandes zwischen Störer und wirksamer Antenne die störende Beeinflussung vermindern, jedoch niemals restlos aufheben.

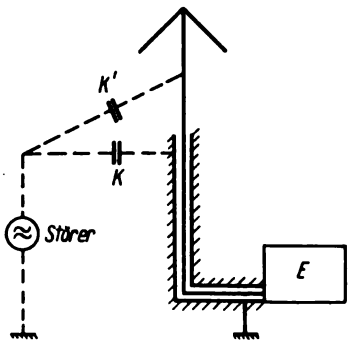
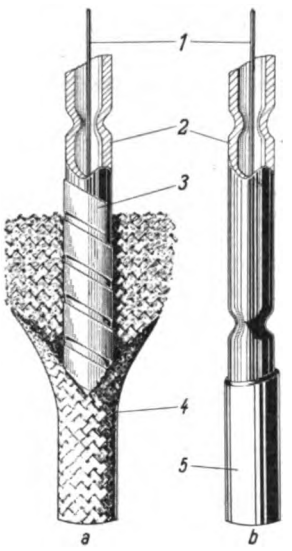


Abb. 1. Wirkung des Schirmes bei der Antennenzuleitung.

Die eben aufgestellten Gesichtspunkte stellen gewisse Forderungen an den Aufstellungsort und an die Ausführung der Antenne, die sich beim einzelnen Teilnehmer nicht immer erfüllen lassen, besonders wenn es auf den kleinstmöglichen Aufwand ankommt. Weiter ist es unmöglich, auf normalen Wohngebäuden mehrere derartige Antennen zu errichten und gleichzeitig die Vorschriften der Baupolizei und des VDE einzuhalten. Außerdem würden noch die einzelnen Antennen untereinander einen so geringen Abstand bekommen, daß infolge der hochfrequenten Kopplung zwischen den einzelnen wirksamen Luftleitern mit einer Rückwirkung der einen Anlage auf die andere gerechnet werden muß, was sich insbesondere beim Betrieb von Einkreisempfängern durch Rückkopplungspfeifen und Abstimmungsveränderung ungünstig bemerkbar macht. Schließlich kommt noch hinzu, daß eine Anhäufung von mehreren Antennengebilden auf den Dächern nicht nur häufig auf den Widerspruch des Hauseigentümers stoßen wird, sondern auch das städtebauliche Bild in unschöner Weise beeinträchtigt. Hieraus ergibt sich zwangläufig die Forderung, für ein Gebäude, in dem mehrere Bewohner eigene Rundfunkanlagen betreiben wollen, eine einzige, allen Anforderungen der Technik, der Behörden und des VDE entsprechende Luftleiteranlage zu errichten, deren Nutzspannung dann mehr als einem Teilnehmer in irgendeiner Form auf dem Drahtwege zugebracht werden muß.

III. Allgemeine Anforderungen an eine Gemeinschaftsantennenanlage.

Von einer solchen Anlage muß man also verlangen, daß jeder Teilnehmer unabhängig von jedem anderen einen gewünschten Sender empfangen kann mit einer Lautstärke und Störungsfreiheit, die einem unmittelbaren Empfang mit einer guten Hochantenne gleichwertig, wenn nicht überlegen ist. Außerdem müssen gegenseitige Störungen (durch Rückkopplungspfeifen oder Kurzschluß in einem Anschluß oder Ausstrahlung eines Überlagerungsempfängers oder Einstrahlung von Störenergien beim einzelnen Teilnehmer) ausgeschlossen sein. Wesentlich für den erforderlichen Aufwand sind die Verluste, die die Energie auf dem Wege zu den einzelnen Teilnehmern erfährt. Um eine Entscheidung über zweckmäßige Bauform und Baustoff der Zuleitungen finden zu können, ist es notwendig, daß im folgenden einige Betrachtungen über die hochfrequenten Eigenschaften eines solchen Verteilungsnetzes angestellt werden.



1 Leiter
2 Gummimantel
3 Schirmband
4 Umspinnung
5 Bleimantel

Abb. 2. Aufbau der Antennenleitung SSA 62 (*a*) und des Antennenkabels SSA 63 (*b*).

IV. Das Verteilungsnetz.

Die Dämpfung durch das Verteilungsnetz hängt in erster Linie von den Eigenschaften der benutzten Kabel bzw. Leitungen ab. Man muß eine möglichst kleine Dämpfung im Übertragungsbereich und eine ausreichende Schirmwirkung verlangen. In den letzten Jahren sind für diesen Zweck besondere Leitungen entwickelt worden. Es wird sich empfehlen, eine bestimmte Leitung herauszugreifen und den weiteren Betrachtungen zugrunde zu legen, als Beispiel seien die Antennenleitung SSA 62 und das sehr ähnliche Antennenkabel SSA 63 gewählt. Den Aufbau dieser beiden Leitungen zeigt Abb. 2. Die wichtigsten Daten sind in der folgenden Zahlentafel 1 und in Abb. 3 zusammengestellt.

Zahlentafel 1.

Type	Antennenleitung SSA 62	Antennenkabel SSA 63
Wellenwiderstand	130 Ω	140 Ω
Dämpfung/km bei 200 kHz	0,8 N	0,7 N
„ „ 1300 kHz	2,2 N	1,7 N

Die Dämpfungswerte liegen also beim „Kabel" etwas niedriger als bei der „Leitung", außerdem zeigt das „Kabel" einen wesentlich günstigeren Verlauf des Kopplungswiderstandes[5]), der ein Maß für die Güte der Schirmung

[3]) A. Dennhardt, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 197. W. Kautter, Funktechn. Mh. (1934) H. 5, S. 196.

[4]) Der Störer entspricht nicht immer einer unmittelbar geerdeten Spannungsquelle. Daher werden in manchen Fällen die Störungen geringer, wenn man die Empfängererdung aufhebt.

[5]) Über die Definition des Kopplungswiderstandes vgl. Forstmeyer-Wild, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 22 (1933) S. 219.

Digitized by Google

ist. (Je kleiner der Kopplungswiderstand, desto besser die Schirmwirkung.)

Verschiedene zweckmäßige Formen von Verteilungsnetzen sind in Abb. 4 angegeben. Es können auch mehrere derartige Äste parallel geschaltet werden. Da die Formen b) und c) sich in einfacher Weise aus der ersten Form herleiten lassen, beschränken wir uns auf die Betrachtung des Falles a). Die Dämpfung B eines solchen Astes, d. h. das logarithmische Verhältnis der Eingangsspannung U_1 zur Ausgangsspannung U_2 am letzten Teilnehmeranschluß, soll also bestimmt werden. Jeder Ast besteht aus einer Anlaufstrecke A und der eigentlichen Verteilungsleitung der Länge L, von der in gewissen, im allgemeinen ungleichen Abständen Stichleitungen der Länge D abzweigen. Die Stichleitungen führen zu Steckdosen, an welche das betreffende Rundfunkgerät angeschlossen werden kann. Das Verteilerkabel ist am Ende mit seinem Wellenwiderstand abgeschlossen, da sich sonst stehende Wellen ausbilden. Auf der Leitung würden bei offenem Ende Spannungsknoten entstehen, deren Zahl und Lage von der Frequenz und von der Gesamtlänge der Anlaufstrecke und Verteilungsleitung abhängen[6]). Bei einer Stichleitung, die in größerer Entfernung vom Leitungsende abzweigt, wird es dann immer eine oder sogar mehrere Frequenzen geben, für die an der Abzweigstelle gerade ein Spannungsknoten liegt; in der Nähe dieser Frequenzen wäre an der Stichleitung kein Empfang möglich.

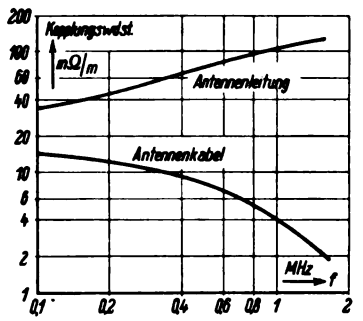


Abb. 3. Größe und Frequenzgang des Kopplungswiderstandes.

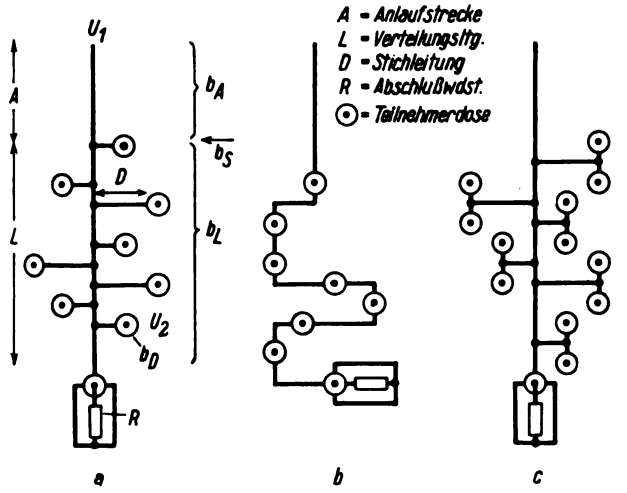


Abb. 4. Verteilungsnetze.

Der Anschluß eines Rundfunkgerätes muß nun, wie in III. ausgeführt, derart erfolgen, daß die Rückwirkung von einem zum anderen Empfänger möglichst klein wird. Man baut daher in die Teilnehmerdose ein Dämpfungsglied ein, das z. B. wie Abb. 5 angibt, geschaltet ist. Der Widerstand R_2 muß klein sein gegenüber dem im allgemeinen stark frequenzabhängigen Scheinwiderstand des Empfängereinganges, so daß der Eingangswiderstand dann praktisch gleich R_2 wird. Der Widerstand R_1 muß groß sein gegenüber dem Wellenwiderstand Z des Kabels, damit ein Kurzschluß bei U_b keinen Einfluß hat und dort auftretende Störspannungen genügend geschwächt werden.

[6]) Bei der Antennenleitung würde z. B. für die Frequenz 1300 kHz der erste Knoten in etwa 40 m Abstand vom Leitungsende, der zweite Knoten in etwa 120 m Abstand vom Leitungsende liegen.

Die Forderung, daß das Leitungsnetz möglichst wenig belastet wird, bedingt ebenfalls hochohmige Abschlußwiderstände in den Anschlußdosen der Stichleitungen. Ferner wird man verlangen, daß die Nutzspannung U_a nur wenig durch das Dämpfungsglied verringert wird. Günstige Werte der Widerstände sind z. B. $R_1 = 2000\,\Omega$, $R_2 = 1000\,\Omega$. Dann ergibt sich die Verlustdämpfung

$$b_D \text{ aus } e^{b_D} = \frac{U_a}{U_b} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 3 \text{ zu } b_D = 1{,}1\,N.$$

Bei Berechnung der Störwirkung einer an der Anschlußdose vorhandenen Störspannung U_b muß man berücksichtigen, daß von der Stichleitung aus gesehen das Leitungsnetz auf beiden Seiten mit dem Wellenwiderstand abgeschlossen ist, also einen Scheinwiderstand von etwa $Z/2$ hat. Dann tritt zunächst eine Dämpfung der Störspannung im Verhältnis $R_1 \Big/ \frac{Z}{2} = \frac{2000}{70}$ ein, woraus sich eine Dämpfung von $b' = 3{,}35\,N$ ergibt; hinzu kommt noch die Dämpfung b_D in der Anschlußdose des gestörten Empfängers, so daß sich eine Gesamtdämpfung von $b = b' + b_D = 4{,}45\,N$ für die Störspannung U_b auf dem Wege von einer Teilnehmerdose zur anderen ergibt. Dieser Wert dürfte im allgemeinen genügen, wenn man bedenkt, daß die Größe der Störspannung U_b wegen der an der Anschlußdose auftretenden Anpassungsdämpfung meist nur einen Bruchteil der im Inneren des störenden Empfängers wirkenden Stör-EMK darstellt.

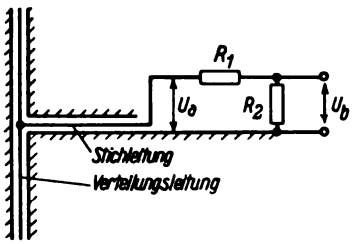


Abb. 5. Dämpfungsglied in der Anschlußdose.

Die Stichleitungen sind an ihrem Ende (in bezug auf ihren Wellenwiderstand) hochohmig abgeschlossen, laufen also praktisch leer. Daraus ergibt sich, daß ihre Länge D auch bei hohen Betriebsfrequenzen (z. B. $f = 1300$ kHz, $\lambda = 230$ m) noch genügend klein gegenüber $\frac{1}{4} \cdot \frac{\lambda}{\sqrt{\varepsilon}}$ bleiben muß, da sonst die Stichleitung für die Verteilungsleitung L einen Kurzschluß bildet. Hierbei ist $\frac{\lambda}{\sqrt{\varepsilon}} = \lambda'$ die der Frequenz f entsprechende Wellenlänge im Kabel, wenn ε dessen Dielektrizitätskonstante bedeutet. Für die Antennenleitung ist $\varepsilon \approx 2$, also $\frac{\lambda'}{4} \approx 40$ m. Man darf daher D höchstens etwa 15 m lang machen unter Berücksichtigung

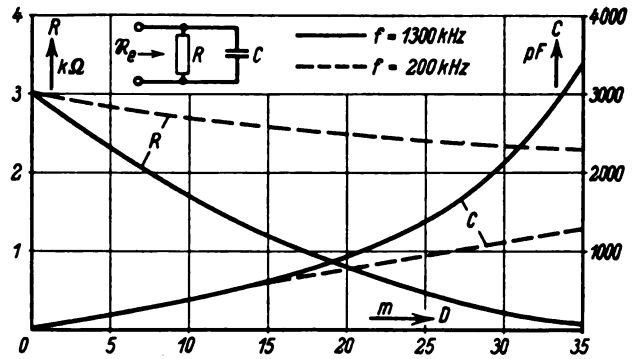


Abb. 6. Der Eingangswiderstand $\Re_e$ einer mit 3 kΩ abgeschlossenen Stichleitung in Abhängigkeit von der Länge D der Stichleitung. $\Re_e$ ergibt sich aus der Parallelschaltung des Widerstandes R und der Kapazität C.

der Kurven in Abb. 6. Eine Stichleitung wirkt auf die Verteilungsleitung wie eine Belastung mit einer Parallelschaltung von einem Kondensator C und einem Widerstand R (die von der Länge D abhängen).

Um nun die Dämpfung des so belasteten Verteilungskabels zu berechnen, muß man einige vereinfachende An-

Digitized by Google

nahmen machen. Die Rechnung kann hier nicht im einzelnen durchgeführt werden, es soll nur ein möglicher Weg angedeutet und die Ergebnisse in einigen graphischen Darstellungen mitgeteilt werden. Man darf voraussetzen, daß die Stichleitungen alle die gleiche Länge haben und die Abzweigstellen von der Verteilungsleitung in einem angenähert gleichen Abstand aufeinander folgen. Eine solche mit Kondensatoren belastete Leitung hat als Kettenleiter nun genau so wie eine mit Pupinspulen belastete Fernsprechleitung eine Grenzfrequenz, jenseits deren die Leitung praktisch undurchlässig wird. Diese Frequenz liegt aber hier noch genügend weit über 1500 kHz. Deshalb darf man weiterhin C und R gleichmäßig längs der Verteilungsleitung L aufteilen und dann ihre Dämpfung nach der Theorie der gleichmäßigen Leitung berechnen. Man führt zur Kennzeichnung der Verteilungsleitung zweckmäßig die Teilnehmerdichte $t = \frac{\text{Zahl der Teilnehmer}}{\text{Verteilungslänge}}$ ein und erhält dann die Dämpfung β der Längeneinheit der Verteilungsstrecke als Funktion von t. Diese Kurve ist in Abb. 7 für die Antennenleitung SSA 62 aufgetragen für die Frequenz 1300 kHz und eine Stichleitungslänge von $D = 5$ m ($C \approx 150$ pF $R \approx 2300\,\Omega$). In dieser Darstellung ist auch noch der Wellenwiderstand Z des belasteten Verteilerkabels aufgetragen. Die jeweilig interessierende Spannungsdämpfung, d. h. das in Neper gemessene Verhältnis von Eingangsspannung am Verteilerkabel zur Spannung an der Stichleitung des letzten Teilnehmers, ergibt sich dann zu $b_L = \beta(t) \cdot L$ und die Gesamtdämpfung des Astes zu

$$B = b_A + b_s + b_L + b_D$$

(vgl. Abb. 4 a), wobei b_A die Dämpfung der Anlaufstrecke und b_s die Stoßdämpfung zwischen Anlaufstrecke und Verteilerleitung ist, deren Wellenwiderstand sich ja mit der Belastung (Teilnehmerdichte) ändert. Ganz entsprechend kann man die Dämpfung berechnen, wenn die Teilnehmerdosen alle eingeschleift werden, also die Stichleitungen $D = 0$ sind (vgl. Abb. 4 b) oder wenn statt einer Stichleitung zwei oder drei Stichleitungen gleichzeitig abzweigen, oder auch, wenn an jeder Stichleitung in geringerem Abstand zwei Dosen angeschlossen werden (Abb. 4 c). *(Schluß folgt.)*

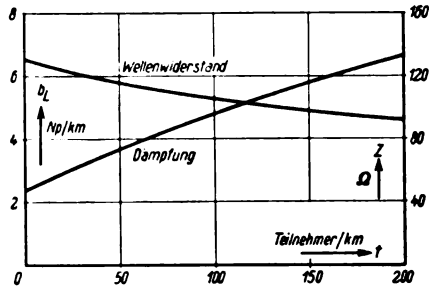


Abb. 7. Dämpfung des belasteten Teilnehmernetzes.

Der gegenwärtige Stand der rundfunktechnischen Einrichtungen in Japan.

621.396.97 (52)

Einen umfassenden Überblick über den technischen Stand des japanischen Rundfunks gibt Y. Yonezawa[1]).

Der japanische Rundfunk, der vor zehn Jahren seinen Anfang nahm, hat z. Z. gegen 2 300 000 Rundfunkteilnehmer bei einer monatlichen Zunahme von durchschnittlich 40 000 Teilnehmern. Für den Rundfunk sind 25 Rundfunkstationen eingesetzt. Z. Z. sind zwei weitere Sender im Bau. Für das kommende Jahr ist die Einrichtung von weiteren fünf Rundfunkstationen geplant. Mit Rücksicht auf die lange und schmale geographische Gestalt Japans, das sich mit seinen vielen Inseln vom 22. bis zum 50. Grad nördlicher Breite erstreckt, sind die Verhältnisse für eine einheitliche Rundfunkversorgung besonders ungünstig, zumal die Inseln von hohen Bergketten umgeben sind. Infolgedessen hat man über das ganze Land eine große Zahl von Sendern mit kleiner Leistung verteilt; die Antennenleistungen liegen bei 10 bis 0,3 kW. Daher sind Dreiröhrengeräte (Rückkopplungsempfang mit ein oder zwei Niederfrequenz-Verstärkerstufen) am weitesten verbreitet. Um aber mit der Entwicklung der Sendertechnik in den anderen Ländern Schritt zu halten und um höhere Empfangsfeldstärken gegenüber den sich mit dem Anwachsen der Industrie und der Vergrößerung der Städte ständig vermehrenden Rundfunkstörungen zu erzielen, ist der Übergang zu größeren Senderleistungen geplant. Zunächst ist der Bau von zwei 150 kW-Sendern bei Tokio in Angriff genommen. Die bestehenden 10 kW-Sender sind größtenteils von ausländischen Firmen (Marconi, Telefunken und Western) gebaut, da die heimische Industrie noch nicht soweit war. Die späteren kleinen Sender sind dagegen durch die schnelle Entwicklung der japanischen Rundfunkindustrie von einheimischen Firmen errichtet.

Auch die technischen Einrichtungen für die 150 kW-Sender werden in Japan hergestellt. Als Mikrophone sind Kohlemikrophone mit Kohlekörnern von sehr kleiner Größe in Gebrauch. Ausschlaggebend für ihre Verwendung ist trotz der Nachteile eines geringen Frequenzdurchlasses und besonderer Kohlegeräusche ihre große Widerstandsfähigkeit gegen die in Japan vorherrschende Feuchtigkeit. Als Sprachverstärker werden besondere Verstärker hinter den Mikrophonen und für die Leitungen verwendet, die bei einer Frequenzbandbreite von 30 bis 16 000 Hz verstärken. Als Stromquellen dienen Sammlerbatterien im Entladebetrieb, die von Quecksilberdampf-Gleichrichtern geladen werden. Die Sender arbeiten vorwiegend mit Quarzsteuerung. Die Quarze sind in Thermostaten eingebaut, damit ihre Schwingungen unter dem Einfluß einer gleichmäßigen Temperatur konstant bleiben. Die Modulation wird bei den meisten Sendern in den ersten Verstärkerstufen vorgenommen, bei einzelnen Sendern dagegen in der Hochleistungsendstufe. Vorwiegend ist von der Anodenmodulation Gebrauch gemacht, einige Sender (von Telefunken) arbeiten mit Gittermodulation. Auftretende Oberschwingungen werden durch Tiefpaßfilter begrenzt. Die gebräuchlichste Antennenform ist die T-Antenne. Die neuen Großrundfunksender erhalten schwundmindernde Antennen mit einer Höhe von 0,53 λ. Der erforderliche Gleichstrom wird bei den kleinen Sendern aus umlaufenden Umformern, sonst durch Gleichrichter (Quecksilberdampfgleichrichter und Kupferoxydgleichrichter) gewonnen. Für den Ausfall der Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz sind besondere Notstromanlagen mit Gas- oder Dieselantrieb vorgesehen. Nach den ersten Erfahrungen für den Bau von Studios (Aufnahmeräumen) hat man es verstanden, die Nachhallzeit den einzelnen Darbietungen durch Errichtung besonderer Räume für Sprache, Musik usw. entsprechend anzupassen. Alle Rundfunkstationen sind durch ein Leitungsnetz verbunden. Bei Ausfall von Leitungen kann drahtlos übertragen werden. Die unterirdischen Leitungen sind leicht oder mittelstark belastete Kabel. Die durch das Meer getrennten Stationen sind durch ein homogen belastetes Kabel miteinander verbunden. Vereinzelt sind auch noch oberirdische Leitungen aus Kupfer mit 3,5 mm Dmr. in Betrieb, die wegen Induktionsstörungen getrennt von anderen Fernmeldelinien geführt sind. Neben den Übertragungsleitungen werden noch Meldeleitungen betrieben. Für Übertragungen zwischen Japan und den Überseeländern werden besondere Kurzwellenstationen der Internationalen Telephongesellschaft eingesetzt; die betreffenden Sender werden von 20 auf 40 kW verstärkt. Alle grundlegenden technischen Fragen und die ganze Entwicklung in der Rundfunktechnik werden von dem Forschungslaboratorium der Japanischen Rundfunkgesellschaft in Tokio bearbeitet. Z. Z. sind Untersuchungen im Gange über eine geeignete Konstruktion von Bandmikrophonen, über akustische Eigenschaften der Studios, den Bau von schwundmindernden Antennen, über Hochfrequenzverstärkung, Ausbreitung ultrakurzer Wellen, Empfängerbau, Störungsmeßgeräte, Störungsbeseitigung usw. Auch die Überwachung der Sender auf Einhaltung ihrer Frequenz liegt diesem Institut ob. *Byh.*

[1]) Yososhichi Yonezawa, Nippon Electr. Com. Eng. (1936) S. 91.

Digitized by Google

Die Ausstellung zur Tagung der Deutschen Röntgen-Gesellschaft, Wiesbaden 1936.

Von **Herbert Graf** VDE, Erlangen.

621. 386. 1 (064)

Übersicht. Der Aufsatz berichtet kurz über die wichtigsten bei der diesjährigen Röntgentagung ausgestellten Neuerungen, soweit sie auch für den Elektrotechniker interessant sind, der nicht diesem Sonderfachgebiet angehört.

Die Deutsche Röntgen-Gesellschaft, die den Großteil der deutschen Röntgenärzte, -physiker und -ingenieure zu ihren Mitgliedern zählt, hält alljährlich im Frühjahr ihre Tagung ab, die mit einer Ausstellung der Fachindustrie verbunden ist. Die diesjährige 27. Tagung der Deutschen

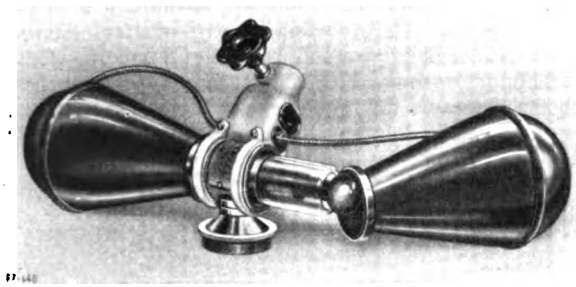


Abb. 1. Medix-Apparat; Röntgenröhre und Transformator als Einheit.

Röntgen-Gesellschaft fand in Verbindung mit der 48. Tagung der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin vom 20. bis 25. 4. in Wiesbaden statt, und die Fachindustrie zeigte diesmal nicht nur ihre für den Röntgenologen bestimmten Erzeugnisse, sondern darüber hinaus auch alles das, was den Internisten angeht. Nachstehend soll jedoch in erster Linie über die röntgentechnischen Neuerungen berichtet werden.

Ein Überblick über den derzeitigen Stand der medizinischen Röntengentechnik findet sich bereits in dieser Zeitschrift[1]). Dort sind u. a. zwei Einrichtungen für Röntgenuntersuchung beschrieben worden, bei denen der Hochspannungstransformator für etwa 60 kV mit der Röntgenröhre zu einer handlichen Einheit zusammengebaut ist, wobei durch Besonderheiten in der Ausbildung der Hochspannungstransformatoren außerordentlich kleine Abmessungen und niedriges Gewicht bei großer Leistung erreicht wurden (Röntgenkugel und Centralix-Apparat). In Wiesbaden waren ähnliche Einheiten auch von anderen Firmen zu sehen. Als interessante Lösung dieser Aufgabe soll hier die Aufteilung des Hochspannungstransformators in zwei Hälften und Anordnung dieser Hälften beiderseits in der verlängerten Achse der Röntgenröhre erwähnt werden (Medix-Apparat der Koch & Sterzel AG.). In Abb. 1 ist die eine Mantelhälfte abgenommen, so daß man die in einem Schutzzylinder untergebrachte Röntgenröhre sehen kann. Die Metallschläuche enthalten die Niederspannungszuleitung zu den beiden Transformatorhälften; auf das Gewinde unten wird ein Bleiglastubus zur Begrenzung des Nutzstrahlenbündels aufgeschraubt.

Als Hochspannungserzeuger für Untersuchungsröhren größerer Leistung dienen Transformatoren mit Glühkathoden-Gleichrichtern in verschiedenen Schaltungen (Drehstromapparate mit sechs Ventilen, Einphasenapparate mit vier Ventilen, sog. Halbwellenapparate mit ein oder zwei Ventilen). Sämtliche Firmen zeigten solche Apparate in verschiedenen Leistungsstufen und mit mancherlei Neuerungen in der Schalteinrichtung, die zum genauen Schalten der Kurzzeitaufnahmen sowie zum Regeln und Messen der Betriebsdaten dient und die wertmäßig einen beträchtlichen Teil des gesamten Röntgenapparates darstellt. Auf Einzelheiten des verwickelten Schaltmechanismus kann hier nicht eingegangen werden. Erwähnt werden sollen jedoch die in jüngster Zeit bei den Apparaten aller Firmen zur Geltung kommenden Bestrebungen zur Erleichterung der Bedienung, die gewöhnlich unter dem nicht sehr glücklich gewählten Schlagwort „Automatisierung" zusammengefaßt werden. Es handelt sich dabei im wesentlichen um eine Kupplung mehrerer bisher getrennter Regelungen in Verbindung mit selbsttätigem Überlastungsschutz der Röntgenröhre durch Verhinderung unzulässiger Einstellungen und durch selbsttätigen Ausgleich der Netzspannungsschwankungen (Spannungsgleichhalter).

In dem erwähnten Aufsatz war auch ein Universaluntersuchungsgerät gezeigt, mit dessen Hilfe der Patient in allen Körperlagen und Strahlenrichtungen untersucht werden kann. Neben solchen Universalgeräten gibt es zahlreiche Sondergeräte für die verschiedensten Untersuchungsverfahren, die gleichfalls in großer Zahl in der Ausstellung zu sehen waren. Hier sollen als besonders interessant nur die bereits von verschiedenen Firmen gebauten Geräte für ein ganz neuartiges Untersuchungsverfahren erwähnt werden, nämlich für die röntgenographische Darstellung von Körperschichten, bei der die Röntgenröhre und die den Film enthaltende Kassette während der Aufnahme gegenläufig bewegt werden, so daß nur eine bestimmte zur Filmebene parallele Schicht im Inneren des Körpers dargestellt, d. h. scharf abgebildet wird. Die übrigen unter- und oberhalb dieser Schicht liegenden Teile werden dagegen so verwischt, daß sie das Röntgenbild der darzustellenden Schicht nicht stören, sondern nur etwas

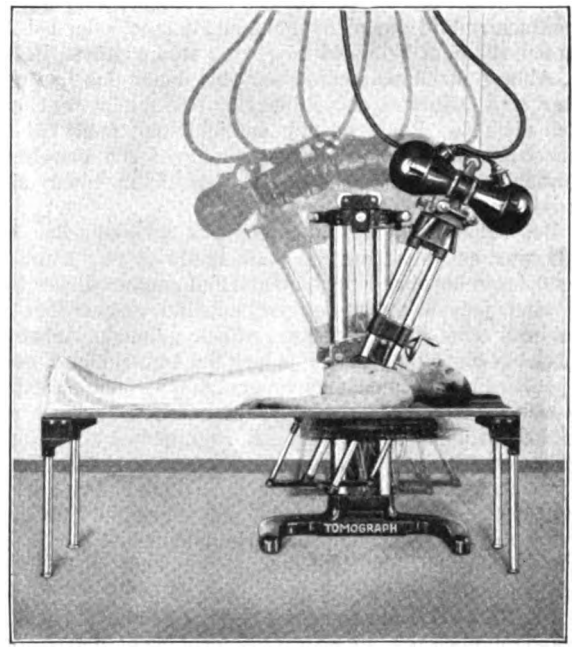


Abb. 2. Der Tomograph zur Darstellung von Körperschichten.

[1]) H. Graf, ETZ 56 (1935) S. 1047.

Digitized by Google

verschleiern. Röntgenröhre und Film müssen dabei so bewegt werden, daß die Drehachse eines beide verbindenden Hebelsystems in der Ebene der darzustellenden Schicht liegt. Abb. 2 zeigt beispielsweise ein solches Gerät der Elektrizitätsgesellschaft Sanitas. Auf den Tisch wird der zu untersuchende Kranke gelagert. Das im Augenblick schrägstehende Gestänge, das oben den Röntgenröhrenbehälter und unterhalb der Tischplatte die Filmkassette trägt, führt während der Aufnahme eine Pendelbewegung aus.

Bei Röntgenaufnahmen größerer Objekte wendet man sog. Streustrahlenblenden an, die die vom gesamten durchstrahlten Körper in allen Richtungen ausgehende und das

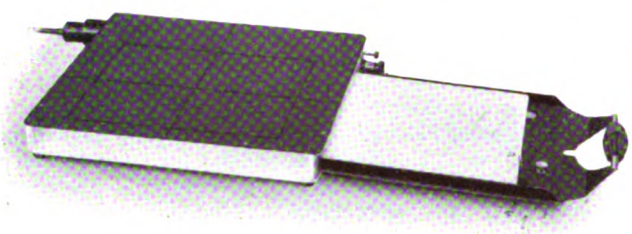


Abb. 3. Schnellablaufende Feinrasterblende.

Bild verschleiernde Sekundärstrahlung (Streustrahlung) weitgehend beseitigen sollen. Es handelt sich bei diesen Streustrahlenblenden um feine Raster aus strahlenundurchlässigen Bleilamellen mit strahlendurchlässigen Zwischenschichten. Die sehr dünnen Bleilamellen sind so angeordnet, daß ihre Ebenen sich möglichst genau in einer durch den Brennfleck der Röntgenröhre gehenden Achse schneiden. Die bildgebende Primärstrahlung wird dann durch die Bleilamellen nur sehr wenig, die aus anderen Richtungen einfallende Streustrahlung dagegen sehr stark geschwächt. In neuerer Zeit geht nun das Streben dahin, diese Raster immer feiner, d. h. die Rasterteilung immer kleiner zu machen, damit das Raster bei der Durchleuchtung auf dem Leuchtschirmbild gar nicht mehr sichtbar ist oder bei Aufnahmen auf dem Filmbild möglichst wenig stört. Bei den sog. Ablauf-Streustrahlenblenden, bei denen das Lamellenraster sich während der Röntgenaufnahme bewegt, wird durch die feine Rasterteilung erreicht, daß auch bei sehr kurzzeitigen Röntgenaufnahmen keine durch das Raster verursachte Streifenbildung auf dem Film mehr sichtbar ist.

Bei solchen Streustrahlenblenden schwedischer Herkunft war es gelungen, die Rasterteilung von 1 mm auf etwa 0,4 mm herabzudrücken. Die Bleilamellen dieser Blenden sind jedoch untereinander parallel angeordnet und nicht auf eine durch den Brennfleck gehende Achse gerichtet. Neuerdings ist es jedoch in Deutschland gelungen, solche gerichteten (konvergenten) Streustrahlenblenden mit 0,4 mm Rasterteilung herzustellen. Abb. 3 zeigt eine Ablaufblende der Siemens Reinigerwerke AG. mit einem derartigen konvergenten Feinraster. Die Blende ist mit Federantrieb, der beim Einschieben der Kassette selbsttätig aufgezogen wird, elektrischer Auslösung, regelbarer Ölbremse und Sicherheitskontakten versehen, die bewirken, daß die Röntgenaufnahme nur während des Blendenablaufs erfolgen kann.

Die Röntgenfilme werden bei der Betrachtung an sog. Negativschaukästen befestigt, deren Leuchtflächen möglichst große und möglichst gleichmäßige Helligkeit aufweisen müssen. Bei sehr kontrastreichen Aufnahmen macht es sich jedoch sehr unangenehm bemerkbar, daß in den stark geschwärzten Gebieten Feinheiten, d. h. geringe Schwärzungsunterschiede nicht zu erkennen sind. Entweder ist das Gesamtlicht zu dunkel oder das die wenig geschwärzten Filmteile durchdringende Licht blendet den Betrachter so stark, daß er in den dunklen Teilen des Bildes keine Feinheiten erkennen kann. Durch Ausblenden einzelner Teile des Bildes kann dieser Nachteil praktisch nur z. T. behoben werden. In Wiesbaden wurde ein Negativschaukasten gezeigt, bei dem gleichzeitig mit der Gesamtdurchleuchtung des Filmes kleine Ausschnitte starker Schwärzung durch einen zusätzlichen Scheinwerfer besonders stark aufgehellt werden können. Betrachtet man das Röntgennegativ nicht im durchfallenden, sondern im auffallenden Licht vor einer reflektierenden Unterlage, so werden die Kontraste verdoppelt. Auch ein kontrastarmes (flaues) Bild erscheint in diesem Falle kontrastreich. Bei dem Verfahren stört jedoch etwas das von der Filmoberfläche unmittelbar reflektierte Licht. Dieser Nachteil ist bei einem Negativbetrachtungsgerät behoben, bei dem Ultraviolettstrahlung benutzt wird und die reflektierende Filmunterlage ein im Ultraviolettlicht fluoreszierender Leuchtschirm ist. Die Kontrastverdoppelung kommt dadurch zustande, daß zunächst die unsichtbare Ultraviolettstrahlung von oben her den Film durchdringt und dem Schwärzungsbild entsprechend geschwächt wird, und daß dann zum zweitenmal die von ihr in dem Leuchtschirm hervorgerufene sichtbare Lichtstrahlung von unten her den Film durchdringen muß.

Auf dem Gebiete der Röntgenbestrahlung sind die an sich bekannten Geräte folgerichtig weiter entwickelt worden. Außer der Röntgenuntersuchung und der Röntgenbestrahlung rechnet die Deutsche Röntgengesellschaft auch die Therapie mit anderen Strahlenarten, namentlich aber die in den letzten Jahren neu entstandene Kurzwellentherapie, mit zu ihrem Arbeitsbereich. Deshalb sind

Abb. 4. Ultratherm-Kurzwellenapparat.

bei den Ausstellungen zum Röntgenkongreß stets auch die neuesten Kurzwellen-Therapiegeräte zu sehen. Neben den Kurzwellengeräten mit Funkenstreckengeneratoren, die aus den bekannten Langwellen-Diathermiegeräten entwickelt worden sind, haben sich die Röhrenschwingungserzeuger namentlich wegen ihrer Leistungsüberlegenheit bei sehr kurzen Wellen (etwa 6 m) immer mehr eingeführt. Während in Deutschland bisher ausschließlich die Behandlung im Kondensatorfeld üblich ist, haben neue Untersuchungen gezeigt, daß auch die Behandlung im Spulenfeld, also eine Wirbelstromerwärmung mit Kurzwellen, in bestimmten Fällen therapeutische Vorteile bietet. In Wiesbaden wurden daher auch solche Spulenfeldelektroden gezeigt (Abb. 4, Siemens Reinigerwerke AG.).

Digitized by Google

Zusammenfassung.

Die diesjährige Röntgenausstellung zeigte einige neue Ausführungen von Kleinapparaten, ferner Bestrebungen zur Vereinfachung der Bedienung von Großapparaten für Röntgenuntersuchung. Für das neue Verfahren der „Schichtdarstellung" mit Röntgenstrahlen waren zwei verschiedene Geräte ausgestellt. Erwähnt sind weiter vervollkommnete Streustrahlenblenden und neuartige Geräte zur Betrachtung von Röntgennegativen. Auf dem Gebiete der Kurzwellentherapie waren Hilfsmittel für das neue Verfahren der Spulenfeldbehandlung zu sehen.

Ein graphischer Beitrag zur Schering-Brücke.

Von F. Alten VDE, Frankfurt a. M.

621. 317. 733. 012. 1

Übersicht. Mit einfachsten Mitteln kann ein Diagramm für die Scheringsche Kapazitätsmeßbrücke entwickelt werden, das einen guten Einblick in die Zusammenhänge der verschiedenen Meß- und Einstellwerte gewährt.

Die Behandlung elektrischer Aufgaben mit zeichnerischen Hilfsmitteln gewährt nicht nur dem Anregungen, der sich hiermit befaßt, sondern dieser Weg führt sogar in vielen Fällen zu einem schnelleren Überblick über die Zusammenhänge. So sehr aber auch die immer mehr verwendete zeichnerische Darstellungsweise in den verschiedensten Ausführungsformen heute schon Allgemeingut geworden ist, wodurch selbst trockene Zahlenreihen statistischer Aufstellungen Leben gewinnen können, so besteht anderseits doch gegenüber dem Sondergebiet der Vektordiagramme bisweilen eine gewisse Voreingenommenheit. Der Grund liegt wohl darin, daß die Voraussetzungen für das Verständnis solcher vektorieller Darstellungsweisen nicht immer klar ersichtlich sind, so daß der Leser dann gezwungen ist, sich schrittweise die Zusammenhänge zu erarbeiten, wozu ihm aber leider in vielen Fällen die Zeit fehlt.

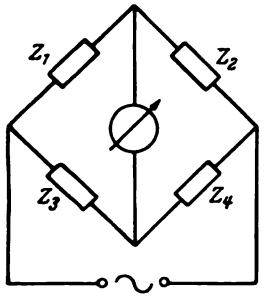


Abb. 1. Allgemeine Wheatstonesche Meßbrücke mit den Scheinwiderständen Z_1 bis Z_4.

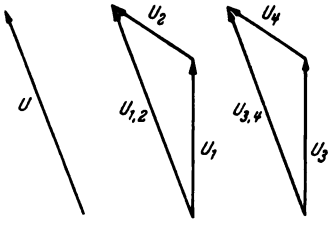


Abb. 2. Teilspannungen der abgeglichenen Wechselstrombrücke.

Wenn trotzdem in den nachfolgenden Zeilen an dem Beispiel der Scheringschen Kapazitätsmeßbrücke von dieser ein wenig in Mißgunst geratenen Darstellungsweise Gebrauch gemacht wird, so geschieht dies, weil gerade sie die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Veränderlichen dieser Brückenanordnung schnell zu überblicken gestattet.

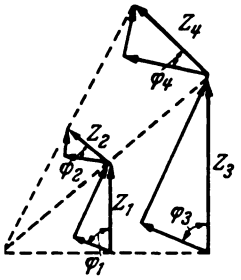


Abb. 3. Wirk-, Blind- und Scheinwiderstände der Brückenzweige *1—2* und *3—4* nach Abgleichung.

Zur Klärung der Begriffe sei jedoch überall an Bekanntes angeknüpft und die Entwicklung möglichst lückenlos unter Verwendung einfachster Beziehungen durchgeführt.

Die Scheringsche Hochspannungsmeßbrücke stellt einen Sonderfall der allgemeinen Wheatstoneschen Brükkenschaltung (Abb. 1) für Wechselstrom dar. Daher gilt auch für sie als Voraussetzung für den Zustand des Brückengleichgewichtes, daß die Teilspannungen des einen Brückenzweiges denen des anderen Zweiges nach Größe und Phase gleich sein müssen (Abb. 2). Somit müssen auch für die Scheinwiderstände der vier Brückenzweige die entsprechenden Forderungen erfüllt sein:

1. die Proportionalitätsbedingung: $Z_1 : Z_2 = Z_3 : Z_4$,
2. die Phasenübereinstimmung gleichwertiger Teilspannungen (Abb. 3): $\varphi_1 = \varphi_3$, $\varphi_2 = \varphi_4$.

Die Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes R, eines induktiven X_L und eines kapazitiven X_C ergibt bekanntlich als Gesamtscheinwiderstand die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{(Abb. 4).}$$

Bei Parallelschaltung dagegen wird der Scheinwiderstand Z aus den Widerständen R und X durch die Gleichung erfüllt:

$$Z = \sqrt{\frac{R^2 X^2}{R^2 + X^2}}.$$

Dieser Ausdruck ist in graphischer Darstellungsweise die Höhe eines rechtwinkligen Dreiecks mit den Widerständen R und X als Kathete (Abb. 5).

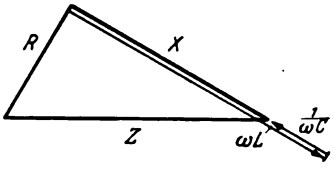


Abb. 4. Reihenschaltung von Wirk- und Blindwiderstand.

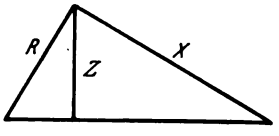
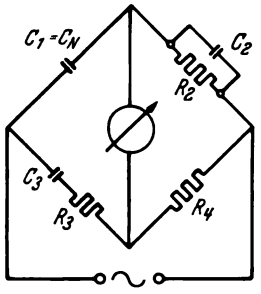


Abb. 5. Parallelschaltung von Wirk- und Blindwiderstand.

Nach dieser kleinen, später noch Bedeutung gewinnenden Abschweifung kann die graphische Behandlung über das Verhalten der Scheringbrücke (Abb. 6) in Angriff genommen werden. Das Vektordiagramm hierzu bei



$C_1 = C_N$ — verlustlose Normalkapazität
C_3 — Kapazität des Prüflings
R_4 — Verlustwiderstand der Prüfkapazität
C_2 u. R_2 — veränderliche Größen für die Abgleichung

Abb. 6. Einfache Scheringsche Meßbrücke.

Brückengleichheit zeigt Abb. 7. Der rein ohmsche Brückenzweig $Z_4 = R_4$ muß also phasengleiche Lage nicht nur mit dem Gesamtscheinwiderstand Z_2 haben, sondern auch mit dem ohmschen Widerstand R_2 des Zweiges 3.

Nach dem Vorangegangenen muß weiter die Beziehung bestehen: $Z_3 \parallel Z_1 \parallel X_2$.

Aus Abb. 7 müssen sich, wenn die Darstellung richtig war, die beiden Hauptgleichungen der Brücke[1]) ablesen lassen:

[1]) Vgl. Semm, Arch. Elektrotechn. 9 (1920) S. 30.

Digitized by Google

1. $C_1 : C_3 = R_4 : R_2$ bzw. $X_3 : R_4 = X_1 : R_2$,
2. $\operatorname{tg}\delta = R_2 : X_2 = R_2\,\omega\,C_2$.

Die beiden getrennt gezeichneten Vektoren für die Brükkenzweige 1—2 und 3—4 können natürlich bei entsprechen-

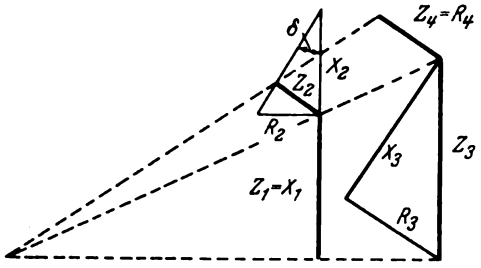


Abb. 7. Diagramm der abgeglichenen Scheringbrücke.

der Wahl des Maßstabes auch auf gleiche Größe gebracht werden. In diesem Falle wird dann in der Zeichnung $Z_3 = X_1'$ und $R_4 = Z_2'$

$$X_1' = K\,X_1$$
$$Z_2' = K\,Z_2.$$

Sodann steht nichts im Wege, die Vektoren für Zweig 2 um R_2 nach rechts verschoben an X_1 anzutragen (Abb. 8).

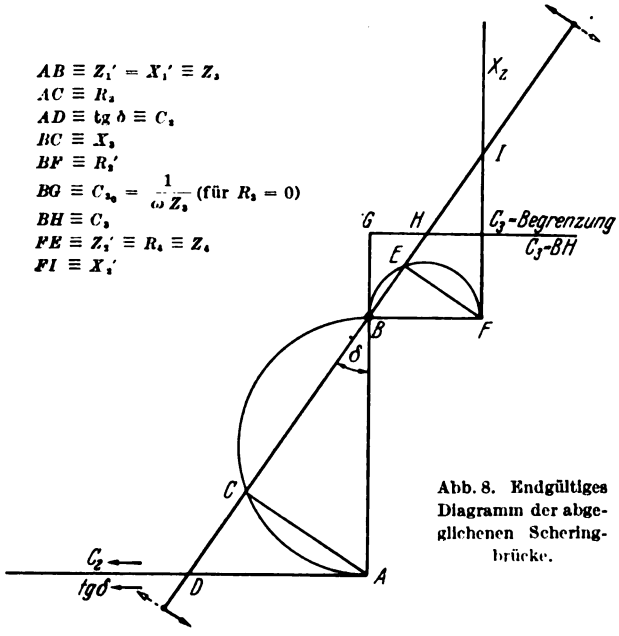


Abb. 8. Endgültiges Diagramm der abgeglichenen Scheringbrücke.

Jetzt werden noch einige Hilfslinien eingetragen: der Halbkreis über $AB \equiv Z_3$ sowie über $BF \equiv R_2'$, die Verlängerung von AB um $BG \equiv C_{3_0} = \frac{1}{\omega X_{3_0}}$, wobei $X_{3_0} = Z_3$, ferner die beiden Senkrechten in G und in A auf AG und schließlich die Verlängerung von CBE nach beiden Seiten über C und E hinaus.

In diesem endgültigen Diagramm hat die Gerade GH die Eigenschaft, alle durch Punkt B als Drehpunkt verlaufenden Strahlen ABG, CBH, $C'BH'$ usw. so zu begrenzen, daß das Produkt aus der betreffenden Sehne BC und ihrem äußeren Abschnitt BH stets einen konstanten Wert ergibt, was sich aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $CBA \sim GBH$, $C'BA \sim GBH'$ ohne weiteres beweisen läßt.

Wenn das Produkt $BC \cdot BH$ gleich dem reziproken Wert der Kreisfrequenz gemacht wird, dann ist

$$BH = \frac{1}{\omega\,BC} = \frac{1}{\omega\,X_3} = C_3$$
$$BH' = C_3'.$$

Die Gerade GHH' schneidet also auf den Strahlen BH, BH' .... immer den Wert für die unbekannte Kapazität C_3 heraus, sie sei daher C_3-Begrenzung genannt.

Die Gerade AD kann entsprechend $\frac{DA}{AB} = \operatorname{tg} \sphericalangle ABD = \operatorname{tg}\delta$ bzw. $\frac{BF}{FI} = \frac{R_2}{X_2} = R_2\,\omega\,C_2 = K\,C_2$ als $\operatorname{tg}\delta$ oder als C_2-Gerade bezeichnet werden.

Das in der beschriebenen Weise umgeformte Diagramm der abgeglichenen Scheringbrücke gestattet nunmehr die unmittelbare Ablesung sämtlicher ohmscher und kapazitiver Teilwiderstände der einzelnen Brückenzweige unabhängig davon, ob dieselben konstante oder veränderliche Werte darstellen.

Mit Veränderung von Winkel δ dreht sich der Vektor $DCBEHI$ um Punkt B mit oder gegen den Uhrzeigersinn und ermöglicht hierdurch nicht nur die unmittelbare Ablesung der gesuchten Werte, sondern gibt vor allem einen klaren Einblick in die Gesetzmäßigkeit des Wachsens und Schrumpfens der verschiedenen, voneinander abhängigen Größen.

Der Verlustwinkel δ nimmt natürlich niemals solche riesigen, wie im Diagramm gezeichneten Werte an, sondern er übersteigt selten die Größenordnung von Minuten. Die hier entwickelte Darstellung wurde aber in erster Linie in der Absicht entwickelt, um die Zusammenhänge klarzulegen, wenn beispielsweise die Frage auftaucht, welche Folge die Veränderung eines einzigen Meßwertes auf sämtliche übrigen Brückengrößen hat. Ein unmittelbares Abgreifen in ähnlicher Weise wie etwa bei Nomogrammen ist wegen der Kleinheit der Verlustwinkel nicht für alle Werte möglich.

Zusammenfassung.

Durch Übereinanderlagern der Vektoren für die einzelnen Brückenteilwiderstände bei geeigneter Wahl der Maßstäbe sowie durch Parallelverschieben der Vektoren für Brückenzweig 2 kann das Diagramm der abgeglichenen Brücke vereinfacht werden. Ein Leitstrahl, der sich um Punkt B dreht, gestattet dann, auf zwei Halbkreisen sowie auf den drei Geraden AD, BH, FI alle durch größer oder kleiner werdende Verlustwinkel sich ergebende Änderungen der verschiedenen Einstellgrößen laufend in ihrer Abhängigkeit voneinander zu verfolgen.

Die elektrische Großküche für das Krankenhaus in Asch.

621. 364. 5 : 725. 5 (437)

F. Dittrich beschreibt den elektrischen Großküchenherd für das neuerrichtete Krankenhaus in Asch in Böhmen[1]). Trotz eingehender Werbung für die Verwendung von Elektrowärme von allen Stellen in der Tschechoslowakei war es bis zur Zeit nur schwer möglich, die Errichtung einer elektrischen Großküche durchzusetzen. Erstmalig gelang dies für das Krankenhaus in Asch, nachdem alle Schwierigkeiten, die sich anfänglich dieser Errichtung entgegenstellten, überwunden waren. Der Herd besitzt fünf runde Platten mit Leistungsaufnahmen von 1,2 bis 5 kW, vier viereckige Platten von je 5 kW Leistungsaufnahme, zwei Bratröhren mit Ober- und Unterhitze von je 3 kW und ein mit Dampf geheiztes Wasserbad und einen ebenso geheizten Wärmeschrank. Der gesamte Anschlußwert beträgt 32,8 kW, wovon 12 kW auf die beiden Röhren entfallen. Die drei kleineren runden Platten sind mit Schnellzeitschaltern ausgestattet, um die Anheizzeit zu verkürzen. Durch diese Schnellheizschalter werden den Platten anfänglich 380 V zugeführt, nach Erreichung einer bestimmten Temperatur schalten sie auf 220 V selbsttätig um. Auf der einen Stirnseite sind zwei zweipolige Stecker für je 2,2 kW und zwei dreipolige Stecker für je 10 kW für den Anschluß von beweglichen Wärmegeräten vorgesehen.

Sb.

[1]) F. Dittrich, Deutsch. Mitt. Elektrotechnicky Obzor M 9 v. 20. 3. 1936.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621.315.62.015.33 : 621.317.3.012.7 **Stoßkennlinien von Hochspannungsisolatoren.** — Wird ein Isolator mit Stoßspannung beansprucht, so vergeht vom Einsetzen des Spannungsstoßes bis zum Überschlag eine gewisse Zeit, die Überschlagverzögerung. Trägt man die Stoßspannung als Ordinate und die Überschlagverzögerung als Abszisse auf, so erhält man die Stoßkennlinie. Sie kennzeichnet vollkommen das Verhalten eines Isolators bei Stoßspannungsbeanspruchung[1]). Der Verlauf der Stoßkennlinien wird maßgeblich davon beeinflußt, ob es an den Fassungsteilen oder an etwa vorhandenen besonderen Elektroden (z. B. Glimmringe, Funkenstrecken und dergleichen) zur Bildung von Glimmhüllen oder Gleitfunken kommt. Glimmen kann u. U. hohe Feldstärken in der Umgebung der Fassungen herabsetzen und dadurch die zum Überschlag erforderliche Stoßspannung oder auch die Überschlagverzögerung erhöhen. Gleitfunken wirken gerade entgegengesetzt. Einsatz und Ausbildung solcher Entladungen hängen außer von der Formgebung der Oberfläche und der Fassungsteile stark davon ab, welche Polaritätsverhältnisse bestehen. Groß ist auch der Einfluß benachbarter geerdeter Teile.

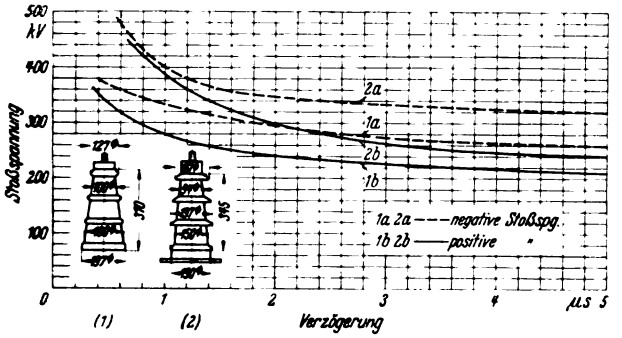


Abb. 1. Stoßkennlinien von Porzellanstützisolatoren für 50 kV. (Die Nummern der Kurven entsprechen den Nummern der Isolatoren.)

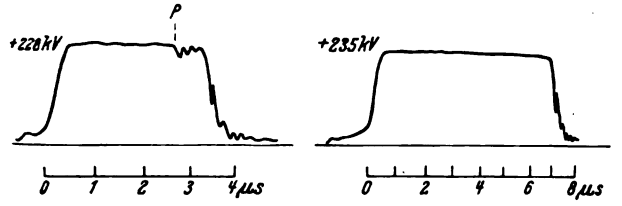


Abb. 2. Kathodenstrahloszillogramme aus den Versuchen mit den 50 kV-Stützern nach Abb. 1. Bei P Spannungsabsenkung durch Gleitfunkenbildung.

Als Beispiel aus den zahlreichen Versuchen der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen an verschiedenartigen Stützern und Durchführungen enthält Abb. 1 die Stoßkennlinien von zwei Porzellanstützisolatoren für 50 kV, deren Ausführungen und Abmessungen aus der Abbildung zu ersehen sind. Trotz der größeren Isolierlänge von 370 mm des Stützers (*1*) liegen seine Kennlinien *1 a* und *1 b* unter denen des Stützers (*2*) mit nur 345 mm Isolierhöhe. Zu beachten ist dabei, daß der Stützer (*1*) am Fuß Innenfassung, der Stützer (*2*) Außenfassung hat. Das günstigere Stoßverhalten des Stützers (*2*) ist durch seine großen Schirme bedingt, von denen der unterste den Fassungsflansch überdeckt und dadurch gleitfunkenverhindernd wirkt. Daß die Schirme des Stützers (*2*) die Gleitfunkenbildung zurückhalten, geht sehr schön aus den Kathodenstrahloszillogrammen der Abb. 2 hervor, die bei positiven Spannungsstößen (auf den Stützerkopf) aufgenommen worden sind. Im linken Oszillogramm des Stützers (*1*) rührt die kurz vor dem Überschlag einsetzende Spannungsabsenkung bei P vom Gleitfunkeneinsatz her. Etwas Ähnliches ist im rechten Oszillogramm des Stützers (*2*) trotz der höheren Stoßspannung nicht vorhanden.

Auch an Durchführungen wirken weitausladende und die Fassungen überdeckende Schirme am stärksten gleitfunkenverhindernd und heben die Stoßkennlinien. Im gleichen Sinne wirkt ein möglichst großer Durchmesser an der Fassung, weil dadurch die Feldstärke herabgesetzt wird. Weniger wirksam sind Glimmringe an den Fassungen, die bei Stützern ganz günstige Verhältnisse ergaben. Aber, wie erwähnt, gewinnt man auch bei Stützern durch Schirme mehr als etwa durch größere Baulänge. Die Stoßüberschlagsicherheit vieler Isolatoren, besonders von Stützern und Durchführungen, läßt sich durch derartige Maßnahmen verbessern, und zwar ohne Vergrößerung der heute festgelegten Baulängen, was aus wirtschaftlichen Gründen vermieden werden muß. [A. Matthias, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 103.] V

[1]) Stoßkennlinien von Elektrodenanordnungen und Isolatoren finden sich u. a. in folgenden Veröffentlichungen: Wade u. Smith, Electr. Wld., N.Y., 92 (1928) S. 309, Auszug in ETZ 50 (1929) S. 1278. Torok u. Ramberg, J. Amer. Inst. electr. Engr. 47 (1928) S. 864, Auszug in ETZ 51 (1930) S. 1751. Matthias, ETZ 50 (1929) S. 1469. Fielder u. McAuley, Electr. Wld., N.Y., 94 (1929) S. 1019. Peck, J. Amer. Inst. electr. Engr. 49 (1930) S. 868. Fortescue, Electr. J. 27 (1930) S. 219, Auszug in ETZ 52 (1931) S. 975. Austin, Electr. Engng. 51 (1932) S. 579. H. Müller, ETZ 54 (1933) S. 225. Weitere Quellen sind in diesen Veröffentlichungen enthalten.

Meßgeräte und Meßverfahren.

621.317.755 : 535.242 **Sichtbarmachung von Lichtverteilungskurven mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen.** — V. J. Tyler und R. Hanbury Brown haben eine Anordnung entwickelt, die gestattet, die Lichtverteilungskurve einer Lichtquelle mit Hilfe des Kathodenstrahl-Oszillographen sichtbar zu machen. Den beiden Plattenpaaren der Kathodenstrahlröhre werden zwei Wechselspannungen gleicher Größe, aber um 90 ° gegeneinander verschobener Phase $A \sin \omega t$ und $A \cos \omega t$ zugeführt (Abb. 3). Das Kathodenstrahlbündel erfährt demzufolge eine Ablenkung, deren Komponenten $B \sin \omega t$ und $B \cos \omega t$ die Resultierende mit dem Radius B ergeben, da

$$\sqrt{(B \sin \omega t)^2 + (B \cos \omega t)^2} = B.$$

Die beiden um 90 ° in der Phase verschobenen Wechselspannungen werden einem Potentiometer R entnommen, auf dem zwei Gleitkontakte X und Y entlanggleiten, die von den beiden um 90 ° gegeneinander versetzten Kurbeln C_1 und C_2 gesteuert werden. Diese Kurbeln sitzen auf der von einem Synchronmotor angetriebenen Welle eines um die zu untersuchende Lichtquelle L als Mittelpunkt umlaufenden Auslegerarms A. Drei an diesem befestigte Spiegel werfen das Licht von L auf die Photozelle P, deren Photostrom über den Gitterwiderstand der Verstärkerröhre fließt und in dem im Anodenkreis liegenden Potentiometer R einen entsprechenden Spannungsabfall erzeugt.

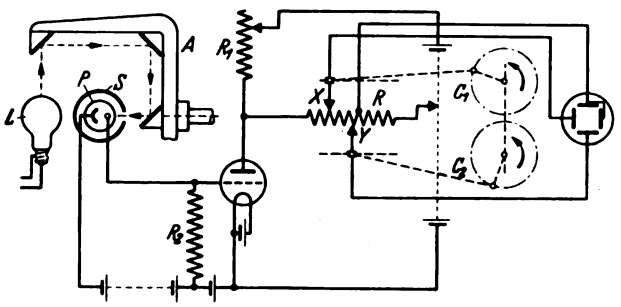


Abb. 3. Anordnung zur Sichtbarmachung von Lichtverteilungskurven.

Digitized by Google

Im Laufe einer Umdrehung treffen also die in den verschiedenen Ausstrahlungsrichtungen in der Ebene senkrecht zur Zeichenebene vorhandenen Lichtstärkewerte von L auf die Photozelle P. Von dem durch den Zellenstrom in R erzeugten, der Lichtstärke proportionalen Spannungsabfall A werden durch die Gleitkontakte X und Y die beiden um 90 ° gegeneinander verschobenen Komponenten $A \sin \omega t$ und $A \cos \omega t$ abgegriffen und den beiden Plattenpaaren des Kathodenstrahl-Oszillographen zugeführt. Auf dem Schirm des letzteren entsteht dann während jeder Umdrehung ein geschlossener Kurvenzug des Polardiagramms der Lichtverteilung. Zur Kompensation des Anodenruhestroms dient eine der Anodenbatterie entnommene und über den Widerstand R_1 auf R geschaltete Gegenspannung. Die Verfasser glauben, daß eine ähnliche Anordnung auch für die Darstellung der Polarkurve für die Ausstrahlung von Lautsprechern und Ultrakurzwellen-Antennen verwendet werden könnte. [V. J. Tyler u. R. Hanbury Brown, J. sci. Instrum. 12 (1935) S. 253.] *Frh.*

621. 314. 224. 08 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 402[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird den Bestimmungen über die Beglaubigung von Meßwandlern (Ziffern 46 bis 49 der von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt herausgegebenen „Prüfordnung für elektrische Meßgeräte vom 1. Januar 1933") folgende Bestimmung hinzugefügt:

Beglaubigungsfähige Meßwandler, die auf ihrem Leistungsschild das Klassenzeichen 0,2 gemäß den vom Verband Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Regeln für Wandler (REW 32) tragen, müssen bei der Beglaubigung auf die Einhaltung der Fehlergrenzen der Klasse 0,2 geprüft werden. Werden diese Fehlergrenzen nicht eingehalten, so ist die Beglaubigung zu versagen.

Berlin-Charlottenburg, den 4. März 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

In Vertretung:
Gehrcke."

621. 317. 32. 027. 3 **Eine Abänderung des von H. König ausgearbeiteten Hochspannungs-Meßverfahrens.** — Das gewöhnliche Gleichrichterverfahren mit zwei Elektronenröhren (Haefely-Verfahren) ist bekanntlich zur Messung des Scheitelwertes von Hochspannung ungeeignet, wenn die Spannungskurve mehr als einen Scheitel in der Halbperiode besitzt. H. König hat ein Meßverfahren angegeben, nach welchem man auch in diesem Falle den Scheitelwert ermitteln kann. Dieses Verfahren ist für laufende Spannungsmessungen in Industrielaboratorien wenig geeignet. Es kann aber sehr gute Dienste leisten, wenn man sich schnell überzeugen will, wieviel Scheitel die Hochspannungskurve besitzt (davon hängt die Möglichkeit der Benutzung des gewöhnlichen Gleichrichterverfahrens ab). Noch besser als das ursprüngliche Verfahren ist hierfür ein geändertes König-Verfahren geeignet, über das J. L. Jakubowski berichtet (theoretische Grundlagen und experimenteller Beweis). Nach dem ursprünglichen Verfahren bestimmt man die sog. Unterdrückungskurve, indem man die Ausschläge des Mikroamperemeters in Abhängigkeit von der Spannung der in Reihe mit einem der Gleichrichter geschalteten Batterie mißt. Nach dem abgeänderten Verfahren ist die Regelung dieser Spannung überflüssig, da sie selbsttätig auf dem an Stelle der Batterie eingeschalteten Kondensator anwächst. [J. L. Jakubowski, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 276.]

Beleuchtung.

621. 383. 42 : 535. 24 **Die Filter-Photozelle.** — Über neuere Untersuchungen an der von A. Dresler angegebenen Filter-Photozelle berichtete J. Rieck in einem Vortrag vor der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft am 13. 2. 1936 in Berlin. Auf Grund umfangreicher, an einer großen Zahl von Versuchspersonen gewonnener Beobachtungen verschiedener Verfasser hat die Internationale Beleuchtungskommission 1932 eine Kurve der mittleren spektralen Empfindlichkeit des hell adaptierten menschlichen Auges festgelegt. Von einer für den Vergleich verschiedenfarbiger Lichtquellen brauchbaren Photozelle muß gefordert werden, daß ihre spektrale Empfindlichkeit an diese „Internationale Augenempfindlichkeitskurve" möglichst genau angeglichen ist. Zum mindesten muß die Empfindlichkeit der Zelle in die Grenzen des Streubereichs der Augenempfindlichkeitskurve für verschiedene normal farbentüchtige Beobachter fallen. Für die heute in der praktischen Photometrie wegen ihrer einfachen Handhabung viel verwendete Selenphotozelle hat A. Dresler[1]) hierfür eine aus zwei Farbgläsern bestehende Filterkombination angegeben. Eine andere, aus mehreren Filtern bestehende Anordnung ist von H. König erprobt worden. Bei der Eichung des Dreslerschen Filtersatzes wird der relative Anteil der die Zellenoberfläche überdeckenden beiden Filter so lange verändert, bis die Zelle Intensitäten, die vier aus dem Spektrum ausgesonderten Wellenlängen entsprechen, ebenso bewertet wie die subjektive Einstellung, die der normale farbtüchtige Beobachter mit dem Flimmerphotometer vornimmt.

Da sich bei der Photometrie von Selektivstrahlern (Gasentladungslampen) herausgestellt hatte, daß die Dreslersche Filterzelle z. T. erhebliche Abweichungen gegenüber subjektiven photometrischen Verfahren ergibt, hat Rieck den genauen Verlauf der spektralen Empfindlichkeit dieser Zellenart untersucht. Zur Aussonderung bestimmter Spektralbereiche diente ein „Filtermonochromator", d. h. ein Satz verschiedener Metalldampflampen („Spektrallampen") mit vorgeschalteten Monochromatfiltern. Für die Messung der Strahlungsenergie wurde eine von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geeichte Selensperrschichtzelle verwendet. Die Angleichung der Dresler-Zelle an die spektrale Augenempfindlichkeit konnte durch Hinzufügen zweier weiterer Filter weiter verbessert werden. Während nun diese Übereinstimmung bei allen Strahlern mit kontinuierlichem Spektrum recht gut war, traten bei Lichtquellen mit Linienspektren noch immer Abweichungen bis zu 20 % auf. Da sich die Größe dieser Abweichungen aus der bekannten spektralen Empfindlichkeit der Zelle und der spektralen Empfindlichkeitskurve des Auges genau vorausberechnen ließ und anderseits eine sehr eingehende Überprüfung aller Versuchsbedingungen und Meßgrößen keine andere Erklärungsmöglichkeit offen ließ, wurde geschlossen, daß die internationale Augenempfindlichkeitskurve nicht stimmen könne, eine Annahme, die sich durch die Ergebnisse der Arndtschen Untersuchungen zu bestätigen scheint. [J. Rieck, Vortrag Dtsch. Lichttechn. Ges. am 13. 2. 1936.] *Frh.*

Elektrowärme.

621. 365. 2 : 669. 1 **Das Zusammenarbeiten von Hochofen-Kupolofen-Lichtbogenofen.** — Die Fordwerke erzeugen ein Gußeisen für die Zylinderblöcke ihrer Kraftwagen durch Zusammenarbeit von Hochofen, Kupolofen und Lichtbogenofen. Zunächst wird ein Eisen durch Mischen von flüssigem Hochofeneisen und flüssigem Kupolofeneisen gewonnen, indem beide Eisensorten in einem Mischer von 400 t Inhalt eingebracht werden. Da das Eisen nicht warm genug ist, um einwandfreie dünnwandige Gußstücke zu ergeben, bringt man es aus dem Mischer in einen 15 t-Lichtbogenofen, wo es auf rd. 1590 ° erhitzt wird. Zuerst goß man das Eisen aus dem elektrischen Ofen sofort in Pfannen, die dann zu den Gießplätzen gefahren wurden. Zwecks Beschleunigung der Arbeit wird das Eisen nach seiner Überhitzung im elektrischen Ofen über eine Gießrinne in einen kohlenstaubgefeuerten Flammofen von 35 t abgelassen, so daß das Eisen alle 15 min aus dem elektrischen Ofen abfließen kann. Aufgabe des Flammofens ist lediglich die Entlastung des elektrischen Ofens und die Erhaltung des Eisens auf gleichmäßige Temperatur. [Foundry (Cleveland) 64 (1936) H. 2, S. 26/27 u. 70.] *Kp.*

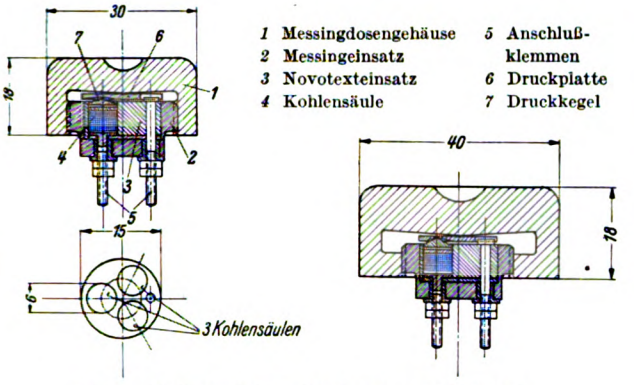
[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 68.

[1]) Vgl. ETZ 54 (1933) S. 476.

Digitized by Google

Verkehrstechnik.

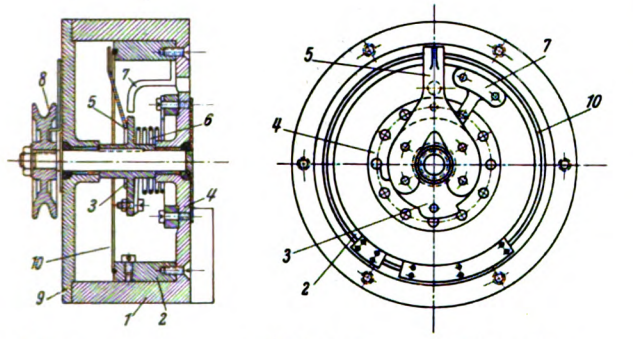
621. 317. 39 : 625. 28 **Die Schwingungsmeßeinrichtung der Lokomotiv-Versuchsabteilung Grunewald.** — In den letzten zwei Jahren wurde von der Lokomotiv-Versuchsabteilung Grunewald ein neuer Meßwagen entwickelt, der im vergangenen Jahre endgültig in Betrieb genommen wurde. Das Hauptanwendungsgebiet der eingebauten Meßeinrichtung sind Laufuntersuchungen an Eisenbahnfahrzeugen. Die Notwendigkeit, einen solchen Meßwagen zu bauen, lag bereits im Jahre 1929 vor. Damals er-



1 Messingdosengehäuse
2 Messingeinsatz
3 Novotexteinsatz
4 Kohlensäule
5 Anschlußklemmen
6 Druckplatte
7 Druckkegel

Abb. 4. Kohledruckdosen für 5 und 10 t Höchstlast.

eigneten sich einige Entgleisungen, deren Ursachen nicht geklärt werden konnten. Seinerzeit wurde eine Arbeitsgemeinschaft zur Klärung berufen, der außer namhaften Persönlichkeiten der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft auch die mechanische Abteilung des Heinrich-Hertz-Institutes angehörte. Diese Arbeitsgemeinschaft fand als Grund der



1 Gehäuse
2 Isolierring für Schleifdraht
3 Rotor mit Schleifbügel
4 Nachstellring
5 Schleifbügel
6 Schraubenfeder
7 Anschlagbügel
8 Schnurrolle
9 Deckel mit Teilung
10 Schleifdraht

Abb. 5. Schleifdrahtverschiebungsmesser.

Entgleisungen unzulässige Entlastungen führender Räder an Gleisunebenheiten. Man versuchte anfangs, rechnerisch die auftretende Entlastung zu ermitteln. Als Beleg dieser Annahmen sollten jedoch noch Versuche an Fahrzeugen ausgeführt werden. Um auch die dynamischen Einflüsse, die sich rechnerisch schwer erfassen lassen, zu erkennen, wurde eine provisorische Meßeinrichtung in einem Wagen aufgebaut. Man wollte die senkrechten und waagerechten Lagerdrücke, die Bewegungen zwischen gefedertem und ungefedertem Teil eines Fahrzeuges und die Bewegungen der verschieblichen Achsen messen. Zur Messung benutzte man Kohledruck-Meßdosen und Schleifdraht-Verschiebungsmesser. Die Geräte mußten erst für diese Sondermessungen entwickelt werden, da nur sehr geringer Raum für ihren Anbau zur Verfügung stand. In der Abb. 4 und 5 sind die Geberinstrumente gezeigt. Die Geber, die veränderliche Widerstände darstellen, werden in den einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke gelegt. Die Aufzeichnung erfolgte mittels Schleifenoszillographs, da anzeigende Instrumente für die auftretenden Frequenzen zu träge waren. Die Geräte wurden nach Beendigung der Versuche der Arbeitsgemeinschaft abgestellt. Ende 1933 wurde bei der Lokomotiv-Versuchsabteilung eine neue Versuchsgruppe eingerichtet, welche die Geräteanordnung, die sich bewährt hatte, zu einer ständigen Meßeinrichtung neu aufbauen und erweitern sollte. Da ja möglichst alle für den Lauf einer Lokomotive maßgebenden Drücke und Bewegungen zu gleicher Zeit gemessen werden mußten, wur-

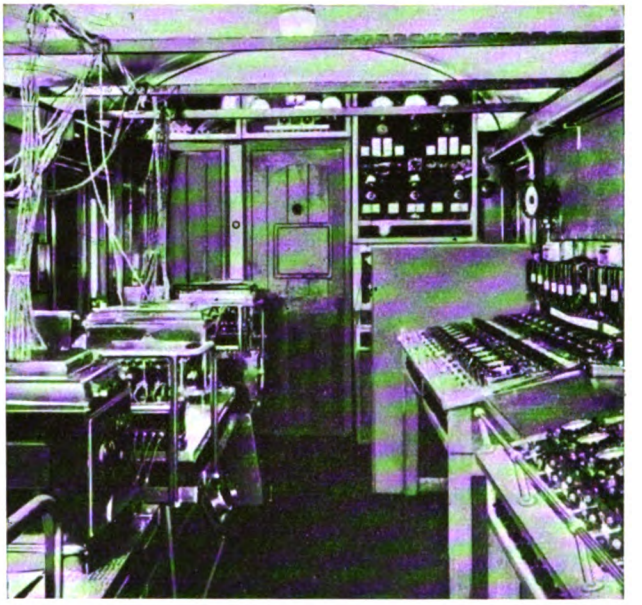


Abb. 6. Meßraum des Schwingungsmeßwagens.

den 36 Wheatstonesche Brückenschaltungen aufgebaut. Zur Aufzeichnung dienten 3 Schleifenoszillographen mit je 8 Schleifen. Ferner erhielt der Meßwagen alles notwendige Zubehör, wie Wegantrieb für Oszillographen, Signaleinrichtung zur Lokomotive, Telephon, Streckenprofil, Schalttafel mit Anzapfungen für 2 bis 120 V, Dunkelkammer, Werkstatt, Ladeanlage u. dgl. Hierzu waren 2 Wagen erforderlich; ein Meßwagen mit Meßraum (Abb. 6) und ein Beiwagen.

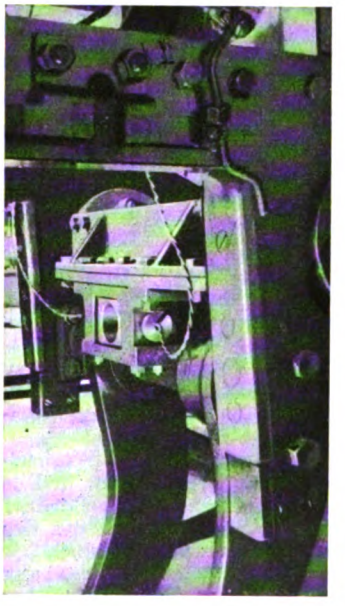


Abb. 7. Seitendruck-Meßvorrichtung.

Die Meßinstrumente wurden weiterentwickelt. Durch geeignete Wahl der Widerstände konnten die Brücken so empfindlich gestaltet werden, daß an Stelle der dreisäuligen Kohledosen nur noch einsäulige Dosen, die wesentlich einfacher hergestellt werden können und meßtechnisch günstigere Charakteristiken haben, verwendet werden. Die Apparate werden noch ständig je nach den gemachten Erfahrungen verbessert. Wesentliche Schwierigkeiten bieten der Einbau der Dosen in die Achslagergehäuse. Die Abb. 7 zeigt die Anordnung einer Seitendruckmeßvorrichtung für Achsen mit Innenlager.

Ein Beispiel für die Aufschreibungen gibt ein in Abb. 8 dargestellter Oszillographenstreifen. Die Aufschreibungen gelten für eine Tenderlokomotive. Auf dem einen Streifen ist die Auslenkung der vorlaufenden Bisselachse und der senkrechte und waagerechte Druck der führenden ersten Kuppelachse, auf dem anderen der Druck

Digitized by Google

der nachlaufenden letzten Kuppelachse und der Ausschlag der nachlaufenden Bisselachse aufgeschrieben. Der Streifen gilt für eine Fahrt durch eine Kurve und eine anschließend in Abzweigung befahrene Weiche. Auf dem Streifen ist deutlich das hierbei auftretende Kräftespiel zu verfolgen. Im Bogen und in der Weiche, die aus den

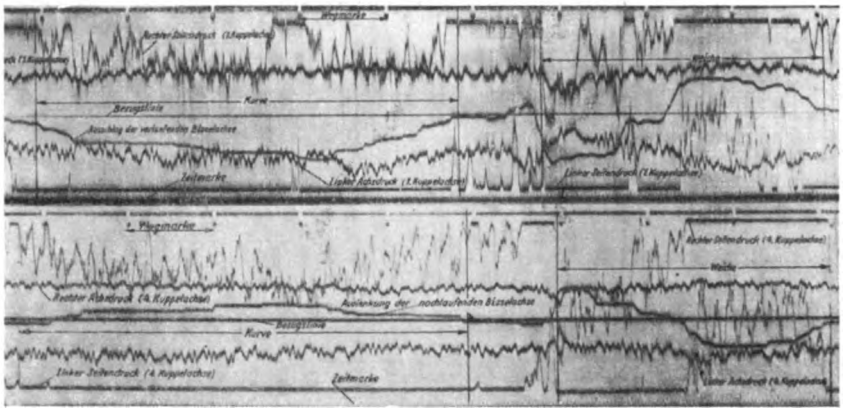


Abb. 8. Zwei Oszillographenstreifen über Versuche mit einer Tenderlokomotive.

Angaben des Verschiebungsmessers leicht erkennbar sind, treten wesentliche Seitendrücke und auch Achsdruck-Be- und -entlastungen auf.

Außer den beschriebenen Laufuntersuchungen wird die Geräteanordnung dieses Meßwagens auch noch für andere Untersuchungen benutzt.

Hier wären zu nennen:

1. Bestimmung des Zylinderdruckes an schnellaufenden Dampfmaschinen und an Verbrennungskraftmaschinen mittels Kohledruckindikatoren.
2. Messung schnell veränderlicher Temperaturen mittels Thermoelementen.
3. Messung von Zugkräften, Zugkraftverlauf im ganzen Zug.
4. Untersuchung von akustischen Signalen.
5. Ermittlung von Auflaufstößen und Beanspruchung der Fahrzeuge.
6. Ausdehnung der Druckmessungen auch auf das Gleis.
7. Untersuchung der günstigsten Federanordnung.
8. Messung von Schwingungen an Rauch- und Siederohren.

Unter Zuhilfenahme von elektrischen Meßverfahren ist also eine wesentliche Erweiterung der Untersuchungen an Reichsbahnfahrzeugen möglich. Eine stets wachsende Verwendungsmöglichkeit wird für diesen neuen Meßwagen vorhanden sein. Willi Harm.

621. 335 (43) **Fahrzeugprogamm der Deutschen Reichsbahn.** — Das Programm für die von der Deutschen Reichsbahn betriebenen Strecken im Jahre 1936 neu zu beschaffenden Fahrzeuge umfaßt an elektrischen Fahrzeugen: 30 elektrische Lokomotiven, 53 elektrische Triebwagen für Fahrleitungen nebst Beiwagen dazu und 169 Triebwagen mit eigener Kraftquelle, Steuerwagen nebst Beiwagen.

Von den 53 elektrischen Triebwagen sind 4 Wechselstromtriebwagen für die Stuttgarter Nahbahnen und je 74 Gleichstromtriebwagen und Beiwagen für die Berliner S-Bahnen bestimmt. Diese letzten Wagen sollen mit den schon im Fahrzeugprogramm 1935 vorgesehenen je 20 Gleichstromtriebwagen und Beiwagen zur Verstärkung des vorhandenen Fahrzeugparks dieser Bahnen für den während der Olympiade zu erwartenden starken Verkehr dienen und auch teilweise auf der demnächst zur Eröffnung kommenden Teilstrecke der Nord-Süd-S-Bahn verwendet werden. Ein Triebwagen ist als Versuchswagen für die im Schwarzwald gelegene Höllentalbahn vorgesehen.

Die 169 Triebwagen mit eigener Kraftquelle nebst Steuer- und Beiwagen werden im Zuge der weiteren Motorisierung der Deutschen Reichsbahn beschafft. Darunter befinden sich 20 vierachsige 210 PS-Triebwagen und 50 zweiachsige 150 PS-Nebenbahntriebwagen. Das sind Bauarten, die sich bereits in größerer Stückzahl im Betriebe bewährt haben. Außerdem sind 3 Stück dreiteilige Schnelltriebwagen mit 2×600 PS-Motoren und 2 Stück vierteilige Schnelltriebwagen mit langsamlaufenden 1300 PS-Motoren als Versuchsfahrzeuge vorgesehen. Die vierteiligen Wagen bestehen aus einem vierachsigen Maschinenwagen mit Post- und Gepäckteil, der mit dem dreiteiligen Personenwagenabteil kurz gekuppelt ist. Hierzu wird als Aushilfe noch ein Maschinenwagen besonders beschafft. Der Rest sind 31 Steuer- und 41 Beiwagen sowie 21 Triebwagen, die teils in der Wagenbauart, teils hinsichtlich neuer Motorenbauarten erprobt werden sollen. *e*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

538. 551 : 517. 9 **Relaxationsschwingungen im Dauerzustand.** — Wird durch eine zeichnerische Integration die Differentialgleichung

$$\frac{d^2y}{dx^2} - \varepsilon (1 - y^2) \frac{dy}{dx} + y = 0$$

für mehrere Werte der Konstante ε gelöst, so können verschiedene kennzeichnende Eigenschaften der gesuchten Integralkurve $y = f(x)$ ermittelt, in Abhängigkeit von ε graphisch dargestellt und durch empirische Formeln ausgedrückt werden. Für die Tangente C im Punkte ($x = 0$, $y = 0$) gilt die Beziehung $C = 2 + 0{,}16\,\varepsilon^2$ für $\varepsilon < 1$ und $C = 1{,}026 + 0{,}645\,\varepsilon + 0{,}489/\varepsilon$ für $\varepsilon > 1$. Für die halbe Periode ω erhält man $\omega = \pi + 0{,}167\,\varepsilon^2$ und $\omega = 1{,}989 + 0{,}745\,\varepsilon + 0{,}586/\varepsilon$ für $\varepsilon < 1$ bzw. $\varepsilon > 1$. Die Integralkurve besitzt ein Maximum (x_m, y_m); für beliebige ε ist $y_m = 2$, während für x_m die Gleichung $x_m = \frac{5{,}728}{3{,}365 + \varepsilon} - 0{,}132$ gefunden wurde. Der Krümmungshalbmesser im Punkte (x_m, y_m) ist $\varrho_m = 0{,}5$ für beliebige Werte von ε. Schließlich wird auch der zwischen $x = 0$ und $x = x_m$ liegende Wendepunkt ermittelt und die Wendetangente t_w bestimmt. Für $\varepsilon > 3$ gilt die Beziehung $t_w = 1 + 1{,}32\,\varepsilon$. [J. Hak, Rev. gén. Electr. 38 (1935) S. 895.] *Vb.*

621. 318. 4. 011. 3 **Empirische Formeln zur Berechnung der Induktivität von eisenlosen Zylinderspulen.** — Setzt man für die Induktivität L (cm) einer Zylinderspule von n Windungen $L = n^2 D \Phi$, wobei D der mittlere Durchmesser (cm) ist, so kann zur Näherungsberechnung der „Einheitsinduktivität" Φ der Ausdruck $\Phi' = \pi^2/(p + q\,\alpha)$ verwendet werden; p und q sind zwei Koeffizienten und $\alpha = a/D =$ Spulenlänge : Spulendurchmesser. Der Näherungswert Φ' kann nur für zwei Werte von α mit dem genauen Wert von Φ übereinstimmen. Da man Φ nach den genauen Formeln oder nach den sechsstelligen Tafeln von Nagaoka bestimmen kann, können die Koeffizienten p und q für zwei beliebig gegebene Werte von α berechnet werden, für welche die Übereinstimmung von Φ und Φ' stattfinden soll. Mit $\alpha = 0{,}05$ und 0,1 findet man z. B. $p = 0{,}31714$ und $q = 1{,}7468$ und erhält eine Formel, deren Fehler zwischen diesen beiden Werten von α nicht + 0,75 % überschreitet. Mit $\alpha = 0{,}5$ und 1 hat man $p = 0{,}4503$ und $q = 1{,}0023$. Wählt man einfach $p = 0{,}45$ und $q = 1$, so hat man die bekannte Näherungsformel[1]), deren Fehler zwischen den Werten $\alpha = 0{,}455$ und 1,32 nicht + 0,32 % überschreitet. Für $\alpha > 1{,}32$ wird der Fehler negativ, erreicht ein Maximum von — 0,35 % bei $\alpha = 3$ und wird kleiner mit noch größeren Werten von α. Für $\alpha > 7{,}9$ ist der Fehler dieser Näherungsformel jedoch größer als jener der zu zwei Gliedern abgekürzten Formel von Emde: $\Phi' = \frac{\pi^2}{\alpha}\left(1 - \frac{4}{3\pi\alpha}\right) = \frac{\pi^2}{\alpha}(1 - 0{,}424413/\alpha)$. [J. Hak, Rev. gén. Electr. 39 (1936) S. 346.] *Vb.*

[1]) Z. B. A. Müller, Elektrotechn. u. Maschinenb. 49 (1931) S. 29. K. E. Müller, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 26 (1935) S. 418.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Internationale und absolute elektrische Einheiten.

Von **J. Wallot** VDE, Berlin.

621. 317. 081

Übersicht. Über den in Aussicht genommenen Ersatz der internationalen praktischen Einheiten durch die absoluten wird berichtet und untersucht, welche Gründe für diese Maßnahme sprechen.

In der Arbeitsgemeinschaft „Meßtechnik" der Jungingenieure hat vor einiger Zeit[1]) Herr A. Griesbach über elektrische Einheiten mit besonderer Berücksichtigung der Frequenznormale gesprochen. Ich möchte seine Ausführungen im folgenden nach einer Richtung ergänzen, indem ich einiges über eine Frage mitteile, die er nur kurz hat berühren können, die aber gerade in diesem Augenblick für die Physik und die Elektrotechnik und daher auch für den Jungingenieur von Bedeutung ist.

Ich meine die Frage der Neudefinition der „praktischen" elektrischen Einheiten. Wir alle haben auf der Schule oder auf der Hochschule gelernt, was das Ampere und was das Ohm ist und wie man die anderen praktischen Einheiten (Volt, Watt usw.) aus dem Ampere und dem Ohm ableiten kann. Wir haben gemeint, unsere Kinder und Kindeskinder würden noch dasselbe lernen müssen, und die Definition dieser Einheiten sei glücklicherweise — seit dem Erlaß des Gesetzes über die elektrischen Maßeinheiten vom 1. 6. 1898 — etwas Endgültiges, das mindestens auf Jahrhunderte hinaus die Grundlage der elektrischen Meßkunst bilden werde.

Aus diesem Wahn wurden die Eingeweihten vor einigen Jahren, die Mehrzahl der Benutzer elektrischer Einheiten aber erst vor kurzem unsanft herausgerissen durch die Nachricht, daß die Abschaffung der bis heute benutzten praktischen Einheiten längst beschlossen sei und daß der Wissenschaft und der Technik nichts anderes übrig bleibe, als sich mit dieser vollendeten Tatsache wohl oder übel abzufinden.

Nach einem Beschluß nämlich, den die „Generalkonferenz für Maß und Gewicht" im Jahre 1933 gefaßt hat, sollen die „praktischen" elektrischen Einheiten — Ampere, Ohm, Volt, Watt, Farad, Henry usw. — von einem bestimmten Zeitpunkt ab, der inzwischen auf den 1. 1. 1940 festgelegt worden ist, nicht mehr (wie es bisher gesetzliche Vorschrift war) als sogenannte „internationale" Einheiten auf Messungen mit einem Silbervoltameter und an einem Quecksilberfaden aufgebaut werden, sondern sie sollen sich aus den entsprechenden absoluten elektromagnetischen CGS-Einheiten durch Multiplikation mit genauen Zehnerpotenzen ergeben.

Da die internationalen praktischen Einheiten auf gewissen Eigenschaften des Silbers und des Quecksilbers beruhen, die absoluten praktischen Einheiten dagegen nach landläufiger Auffassung nur auf den drei Urmaßen der Länge, Masse und Zeit, so bedeutet der Beschluß der Generalkonferenz — wenigstens vom grundsätzlichen Standpunkt aus — eine sehr wesentliche Änderung, die auch eine Änderung des Gesetzes über die elektrischen Maßeinheiten nach sich ziehen wird. Wir haben daher alle Veranlassung zu fragen: War der Beschluß notwendig oder wenigstens zweckmäßig? Sind die Vorteile, die er bringt, so groß, daß sie die Beunruhigung aufwiegen, die er zweifellos in das elektrische Meß- und Eichwesen hineintragen wird?

Zunächst ein Wort zu der Frage der Zuständigkeit. An den Tagungen der Generalkonferenz, die alle sechs Jahre stattfinden, nehmen jedesmal die Vertreter der Staaten teil, die sich der sogenannten „Meterkonvention" vom Jahre 1875 angeschlossen haben. Die Beschlüsse der Generalkonferenz beruhen daher auf Staatsverträgen und sind deshalb für die an der Meterkonvention beteiligten Länder, d. h. für fast alle Kulturländer, bindend. Man kann auch nicht sagen, daß die Entscheidung von 1933 überstürzt worden sei; die Frage der Abschaffung der auf der Silberabscheidung und dem Quecksilberwiderstand beruhenden internationalen praktischen Einheiten ist vielmehr jahrelang in den der Generalkonferenz angegliederten internationalen Sachverständigenausschüssen in aller Ausführlichkeit beraten worden[2]). Formal ist daher alles in Ordnung; der Beschluß der Generalkonferenz ist endgültig und kann nicht umgestoßen werden.

Bei den soeben erwähnten Verhandlungen innerhalb der Sachverständigenausschüsse hat sich gerade der deutsche Vertreter, im Gegensatz zu allen anderen, lange Zeit gegen die Abschaffung der „internationalen" Einheiten ausgesprochen. Seine Haltung wird verständlich, wenn wir prüfen, welche Gründe von den Freunden der Umstellung zugunsten des Beschlusses der Generalkonferenz geltend gemacht werden.

Ein erster Grund, den man häufig hört, ist der folgende: Man weist darauf hin, daß die internationalen praktischen Einheiten von Anfang an nur als vorläufiger Behelf gedacht gewesen seien; zur Zeit der ersten Einführung praktischer Einheiten sei es eben noch nicht möglich gewesen, die Gebrauchsmaße mit hinreichender Genauigkeit und Sicherheit absolut zu eichen, d. h. auf die Urmaße der Länge, Masse und Zeit zurückzuführen. Jetzt sei das anders; der Zeitpunkt sei also gekommen, das auszuführen, was man seit bald 60 Jahren beabsichtigt habe.

Diese Begründung wäre offenbar nur dann triftig, wenn es feststünde, daß die Zurückführung der praktischen Einheiten auf Silber und Quecksilber ein grundsätzlich mangelhaftes Verfahren wäre, verglichen mit der Zurückführung auf die Urmaße der Länge, Masse und Zeit.

Tatsächlich findet man in den Verhandlungsberichten immer wieder den Ausdruck der Überzeugung, daß die internationalen Einheiten gewissermaßen „unwissenschaftlich" seien. Weil sie auf Eigenschaften bestimmter Stoffe (des Silbers und des Quecksilbers) beruhen, wirft man ihnen vor, sie seien willkürlich definiert; die absolute Definition dagegen hält man für eine „jedes willkürlichen Charakters entkleidete Grundlage" des Meßwesens („une base dépourvue de tout caractère arbitraire").

Hier handelt es sich offenbar um eine Verwechslung von Begriffen. Einheiten können überhaupt nicht anders als willkürlich definiert werden. Was man von guten Einheiten verlangen muß, ist nicht Willkürfreiheit; sie müssen vielmehr so definiert werden, daß man nach ihrer Definition die Gebrauchsmaße (z. B. die Widerstandsrollen und die Normalelemente) mit hoher Genauigkeit eichen kann.

Nach Ansicht vieler wäre es sehr zweckmäßig, als Urmaß z. B. der Elektrizitätsmenge die Ladung eines Elektrons zu wählen. Denn es ist eine Art Glaubenssatz, daß diese Ladung eine ganz bestimmte Größe hat. Leider reicht aber die Genauigkeit, mit der sich das Elementarquantum messen läßt, bei weitem nicht aus. Und mit den

[1]) Am 11. 12. 1935; s. ETZ 57 (1936) H. 4, S. 99.

[2]) S. Procès verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures (2) 13 (1929), 14 (1931).

Digitized by Google

meisten andern sehr allgemeinen physikalischen Konstanten, z. B. dem Planckschen Wirkungsquantum oder den Strahlungskonstanten, steht es ähnlich.

Als Urmaße kommen daher diese „universellen" Konstanten, so groß ihre Bedeutung für die Physik ist, im allgemeinen nur dann in Betracht, wenn sie sich mit anderen Größen derselben Art mit der hohen Genauigkeit vergleichen lassen, die man nun einmal bei Urmaßen verlangt. Man muß ja auch beachten, daß man genau genommen auch bei einer „universellen" Konstante kein Recht hat, sie als absolut konstant anzusehen; sie ist es immer nur in den Grenzen der bei ihrer Messung erreichbaren Genauigkeit.

Hat man aber erkannt, daß es weder theoretisch notwendig noch praktisch durchführbar ist, universelle Konstanten als Urmaße zu nehmen, so gibt es auch keinen Grund mehr, die Zurückführung der praktischen Einheiten auf Silber und Quecksilber als eine minderwertige Definition anzusehen. Im Gegenteil: Diese beiden Stoffe sind zwar willkürlich, aber mit Bedacht gewählt, und die Erfahrung hat gezeigt, daß man die Drahtwiderstände und Normalelemente mit Silbervoltameter und Quecksilberrohr mit einer Genauigkeit eichen kann, die auch heute noch der bei irgendeiner andern Eichung erreichbaren mindestens gleichkommt.

Im Jahre 1940 wird an die Stelle der Eichung mit dem Silbervoltameter und dem Quecksilberrohr die Eichung durch einen Induktions- und einen elektrodynamischen Versuch treten. Da beim elektrodynamischen Versuch (der Eichung mit der Stromwaage) Massen benutzt werden, wird in Zukunft das System der praktischen Einheiten auf den drei Urmaßen der Länge, Masse und Zeit beruhen. Zu diesen drei Urmaßen tritt nach der neueren Auffassung[3]) als viertes Urmaß eine universelle Konstante, die sogenannte Induktionskonstante μ_0; denn sie spielt sowohl beim Induktionsversuch wie beim elektrodynamischen eine wesentliche Rolle.

Ist nun diese für die Zukunft in Aussicht genommene Einheitendefinition der bisher geltenden überlegen?

Bei der Beantwortung dieser Frage dürfen wir ganz absehen von den Einheiten der Länge und der Zeit, weil sie durch die Änderung nicht betroffen werden. Von den beiden anderen für die praktischen Einheiten neu einzuführenden Urmaßen, dem Kilogramm und der Induktionskonstante, dürfen wir zunächst das eine sagen, daß wir keinen Grund haben, an ihrer Konstanz in den Grenzen der günstigsten Falls erreichbaren Genauigkeiten zu zweifeln. Sie sind in dieser Hinsicht mindestens nicht schlechter als die Urmaße der Länge und der Zeit.

Es ist aber heute leider eine noch unbeantwortete Frage, ob man die Gebrauchsmaße durch einen Induktions- und einen elektrodynamischen Versuch genauer eichen kann als durch Versuche mit dem Silbervoltameter und dem Quecksilberrohr. Fest steht bis jetzt nur, daß man bei dem Induktionsversuch sowohl wie bei dem Quecksilberrohr die Unsicherheit der Messung auf wenige Hunderttausendstel herabdrücken kann. Über die elektrodynamische Messung dagegen liegen bis jetzt zu wenig Erfahrungen vor, als daß man mit Sicherheit sagen könnte, daß dieses Verfahren der Messung mit dem Silbervoltameter gleichwertig oder gar überlegen sei.

Nun hat man seinerzeit die internationalen praktischen Einheiten bereits so festgelegt, daß sie — nach der damaligen Kenntnis — möglichst genau mit den absoluten praktischen Einheiten übereinstimmten. Der Unterschied zwischen den beiden Einheitensystemen hat daher überhaupt nur für sehr genaue Messungen Bedeutung, und es muß daher entscheidend sein, ob die neuen Einheiten meßtechnisch besser sind, d. h. eine genauere Eichung der Gebrauchsmaße erlauben als die alten. Gerade in dieser Hinsicht aber fehlt dem Beschluß der Generalkonferenz, wie wir sehen, die sichere Grundlage.

[3]) Sie wird für das deutsche Sprachgebiet vor allem von dem Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen, international von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission vertreten.

Bei der beherrschenden Wichtigkeit dieses meßtechnischen Gesichtspunktes kann man der Generalkonferenz den Vorwurf nicht ersparen, daß sie voreilig gehandelt hat. In der Zukunft wird sich vielleicht herausstellen, daß sie mit ihrem Beschluß zufällig ins Schwarze getroffen hat; es wäre aber vorsichtiger und daher weiser gewesen, mit dem Beschluß bis zur völligen Klärung der Genauigkeitsfragen zu warten. Daß auch die Generalkonferenz eine solche Klärung für notwendig hält, geht daraus hervor, daß die Staatslaboratorien auf ihre Anregung hin schon seit Jahren mit genauen Untersuchungen über diese ganzen Fragen beschäftigt sind.

Man darf zur Entschuldigung des Beschlusses nicht darauf hinweisen, daß er, wie schon gesagt, für die überwiegende Mehrzahl der Wissenschaftler und Techniker ohne jede praktische Bedeutung sei. Denn dann sind auch die von seinen Anhängern erhofften (bis jetzt nur erhofften!) Vorteile nur für eine kleine Minderzahl von Bedeutung.

Auf der andern Seite aber erzeugt jede Neuerung Schwierigkeiten. Zwar sollen die Normale ungeändert bleiben. Aber es wird doch während einer gewissen Übergangszeit von jeder praktischen Einheit zwei Abarten geben, eine internationale und eine absolute; nur durch eine zweckmäßige Organisation werden sich daher häufige Verwechslungen der beiden nur wenig verschiedenen Abarten vermeiden lassen.

Man sieht, daß sich der Beschluß der Generalkonferenz vom meßtechnischen Standpunkt aus nicht recht begründen läßt. Wie kommt es, daß man ihn trotzdem gefaßt hat? An den maßgebenden Beratungen haben doch sicherlich nur Sachverständige ersten Ranges teilgenommen, die gewohnt sind, schwerwiegende Entscheidungen nur nach reiflichster Überlegung zu fällen.

Ich möchte annehmen, daß bei den Beratungen doch nicht nur meßtechnische, sondern — vielleicht im Unterbewußtsein der Beteiligten — auch theoretische Erwägungen eine Rolle gespielt haben.

Man hat nämlich gegen das internationale System den Vorwurf erhoben, daß es, obgleich es selbst einheitlich ist, in das System unserer Einheiten eine gewisse, wenn auch geringe Uneinheitlichkeit hineintrage.

In der Elektrizitätslehre sind nach der heutigen Auffassung vier Dimensionen unabhängig, nicht drei und nicht fünf, während die Mechanik mit drei Grunddimensionen auskommt. Baut man demnach, wie es bei den internationalen Einheiten geschieht, ein System auf einer Strom-, einer Widerstands-, einer Längen- und einer Zeiteinheit auf, so ist die Masseneinheit eine abhängige Einheit, d. h. sie muß so hingenommen werden, wie sie sich aus den vier unabhängigen Einheiten ergibt. Dementsprechend folgt aus dem internationalen Ampere, dem internationalen Ohm, dem Meter und der Sekunde als Massenurmaß des internationalen Systems nicht das Kilogramm, sondern das 1,0003fache des Kilogramms. Das heißt aber: Das Kilogramm paßt zwar annähernd, aber nicht genau in das internationale System. Da es nun nicht möglich ist, die gesetzlich festgelegte Masseneinheit Kilogramm mit ihren dezimalen Vielfachen fallen zu lassen, muß man dem internationalen System den Vorwurf machen, daß es eine Einheit zu viel definiert. Es macht denselben Fehler wie gewisse Staatsgesetze, die unabhängig voneinander eine Strom-, eine Widerstands- und eine Spannungseinheit definiert haben; denn es liegt im Wesen des Systembegriffs, daß auch diese drei Einheiten (nach dem Ohmschen Gesetz) voneinander abhängig sind.

Das nach dem Beschluß der Generalkonferenz einzuführende System der absoluten praktischen Einheiten ist von dem hier hervorgehobenen Mangel frei; denn es beruht auf dem Meter, dem Kilogramm, der Sekunde und der Induktionskonstante μ_0, also auf vier unabhängigen Urmaßen, in denen das Kilogramm enthalten ist.

Das internationale System hat demnach tatsächlich einen kleinen Fehler, der mir nicht nur ein „ästhetischer"

Digitized by Google

Fehler zu sein scheint. Deshalb wird die Annahme des absoluten Systems besonders im Unterricht gewisse zweckmäßige Vereinfachungen bringen. So ist z. B. von 1940 ab

$$1\ \text{Watt} = 10^7\ \text{erg/s}, \qquad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-9}\ \frac{\text{H}}{\text{cm}},$$

während heute noch statt des Zeichens = das Zeichen ≈ gesetzt werden muß.

Gegen diese Feststellung eines Vorzugs des absoluten Systems haben manche Anhänger des internationalen allerdings einen Einwand erhoben, der auf den ersten Blick beachtenswert erscheint und auf den ich noch kurz eingehen möchte.

Wer überzeugt ist, daß die Induktionskonstante μ_0 und die „Influenzkonstante" ε_0 ebenso vollwichtige Naturkonstanten sind wie z. B. die Gravitationskonstante, hat von jeher betont, daß der bisher gültige Zahlenwert

$$\frac{\mu_0}{\text{H/cm}} = 1{,}256\,06 \cdot 10^{-8}$$

nichts weiter ist als ein durch Messung gefundener Wert, der nur aus zufälligen geschichtlichen Gründen in der Nähe von $4\pi \cdot 10^{-9}$ liegt. Nun soll sich auf einmal von 1940 ab μ_0 absolut genau aus 4π und einer Zehnerpotenz berechnen lassen! Ist dies nicht sinnlos? Was für einen Zweck hat es, den Zahlenwert einer Naturkonstanten künstlich aus Zahlen zusammenzusetzen, statt ihn so hinzunehmen, wie er sich aus der Messung ergibt?

Hier liegt gewiß für den Unterricht eine Schwierigkeit, aber keine unüberwindliche. Man muß sich nur darüber klar sein, daß sie eine notwendige Folge der Tatsache ist, daß eben von 1940 ab die Induktionskonstante μ_0 eines der Urmaße des praktischen Systems sein wird. Dieselbe Schwierigkeit tritt natürlich im internationalen System auf; man macht sich das dort nur vielleicht nicht ganz klar. Das elektrochemische Äquivalent des Silbers ist nämlich im internationalen System absolut genau gleich 1,118 mg/C; ebenso ist das Verhältnis der Leitfähigkeit des reinen Quecksilbers zu seiner Dichte bei 0 ° C absolut genau gleich $[(106{,}3)^2/14{,}4521]$ S cm²g. Diese Zahlen sind nur aus geschichtlichen Gründen keine Zehnerpotenzen; man hätte durch Beschluß statt der angegebenen ebensogut die Zahlenwerte 1 und 10^3 festsetzen können.

Vom theoretischen Standpunkt aus scheint mir demnach die Einführung der absoluten Einheiten zwar keine Notwendigkeit zu sein, aber doch eine gewisse zweckmäßige Vereinfachung zu bringen; und ich vermute, daß es hauptsächlich solche Erwägungen gewesen sind, die die Sachverständigen bewogen haben, die Welt schon vor der endgültigen Klärung vor eine vollendete Tatsache zu stellen.

Zusammenfassung.

Wir haben gesehen, daß der Beschluß der Generalkonferenz für Maß und Gewicht, vom Jahre 1940 ab die internationalen Einheiten durch die absoluten zu ersetzen, auf einer Reihe von Gründen beruht, die nur zum Teil als stichhaltig anerkannt werden können. Ganz besonders vom meßtechnischen Standpunkt aus läßt sich heute noch nichts Bestimmtes darüber aussagen, ob der Beschluß wirklich notwendig gewesen ist oder nicht.

Da die Umstellung aber sicher kommen wird, hätte es keinen Zweck, sich gegen sie zu sträuben. Es scheint mir richtiger, zu versuchen, sie so zu steuern, daß die Vorteile, die sich die Generalkonferenz und die in ihr vertretenen Staatslaboratorien von der Neuerung versprechen, möglichst voll zur Geltung kommen.

Rundfunkstörschutz an elektrischen Maschinen und Geräten.

Von Ingenieur W. Schrank VDE, Berlin.

621. 396. 828

Übersicht. Die Grundlagen der Rundfunkentstörungstechnik werden behandelt, soweit sie für die Anwendung von Entstörungsmaßnahmen entsprechend der Art und dem Charakter der Störquelle für den Techniker von praktischer Bedeutung sind*).

Neben den Rundfunkstörungen, die ihren Ursprung innerhalb der Empfangsanlage haben, und den Störungen, die durch unvermeidliche atmosphärische Einflüsse auftreten, machen die Störungen an elektrischen Maschinen und Geräten, verursacht durch schnell aufeinanderfolgende elektrische Zustandsänderungen mit Funkenerscheinung, den größten Teil aller Störanmeldungen aus. Im allgemeinen werden daher auch diese Art von Störungen unter dem Begriff „Rundfunkstörungen" verstanden, weil sie, im Gegensatz zu den atmosphärischen Störungen, durch den Entstörungstechniker beeinflußt werden können. Es ist lediglich eine Frage der Empfindlichkeit der Rundfunkempfangsanlage, die diese Störungen mehr oder weniger stark wiedergibt.

Als Maßstab für den Störungsgrad dient das Verhältnis $\frac{\text{Störspannung}}{\text{Sendespannung}}$. Die Empfangsanlage kann dann als störungsfrei beurteilt werden, wenn dieses Verhältnis etwa den Wert $\frac{1}{50}$ nicht überschreitet. Diese Beurteilung ist in der Praxis meist einseitig und bedarf einiger praktischer Erfahrungen. Der Störquotient wird im allgemeinen dann günstige Werte aufweisen, wenn an solchen Sendern empfangen wird, die sich durch eine verhältnismäßig große Sendespannung am Eingang des Empfängers auszeichnen. Hierzu gehört vor allem der jeweilige Orts- oder Bezirkssender und auch der Deutschlandsender. Aus diesem Grunde sollte man in der Entstörungstechnik zunächst den störfreien Empfang dieser Sender unbedingt sicherstellen, um mit einem verhältnismäßig billigen Aufwand von Entstörungsmitteln auszukommen.

Eine Möglichkeit, um grundsätzlich eine Störungsverminderung zu erreichen, ist somit entweder in der Verminderung der Störspannung oder in der Erhöhung der wirksamen Sendespannung am Empfänger gegeben.

Eine Verminderung der Störspannung kann man erreichen, indem man

1. die Störfähigkeit der Störquelle, oder
2. die Störempfindlichkeit der Empfangsanlage herabsetzt.

Ein Mittel, um die wirksame Sendespannung zu erhöhen, bietet die bessere Ausnutzung des Senderfeldes. Da die Feldausnutzung durch die Antennenform und ihre effektive Höhe[1]) bedingt ist, erscheint es notwendig, durch die Kenntnis des Antennenbaues die beste Feldausnutzung zu beurteilen.

Die Feldstärke des Senderfeldes am Empfangsort ist abhängig von der Höhe der Strahlenergie und der Wellenlänge des Senders, seiner kilometrischen Entfernung und Höhenlage. Sie ist um so größer, je höher die Strahlungsleistung und die Wellenlänge des Senders, je kleiner die Entfernung und je höher der Empfangsort ist. Im Häusermeer der Großstädte, sowie in felsigen Gebirgsgegenden

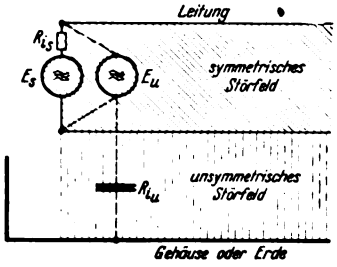
*) Auszug aus zwei Vorträgen des Verfassers, gehalten am 31. 3. und 17. 4. 1936 vor den Jungingenieuren des VDE, Arbeitsgemeinschaft Installationstechnik.

[1]) Vgl. ETZ 46 (1925) S. 148.

Digitized by Google

wird die Feldstärke mit der Entfernung infolge der schlechten Bodenleitfähigkeit merklich abnehmen. Als normal ausreichende Feldstärken kann man im Mittel mit 1 bis 2 mV/m rechnen. Bei Senderfeldstärken von < 1 mV/m tritt bereits eine Empfangsbeeinträchtigung durch unvermeidliche atmosphärische Entladungen auf, d. h. der zulässige Wert des Störquotienten wird überschritten.

Die im Senderfeld befindlichen Leitermassen (Häuser, Leitungen usw.) bewirken eine Schwächung des elektrischen Feldes, die nach der Erde hin zunimmt. Im theoretisch ungeschwächten Senderfeld stehen die elektrischen Kraftlinien nahezu senkrecht auf der Erde, während ihre Stellung im geschwächten Senderfeld nicht festzustellen ist, eine Tatsache, die beim Antennenbau weitgehende Berücksichtigung finden muß.



E_s HF-Generator für symmetrisches Feld
E_u HF-Generator für unsymmetrisches Feld
R_{i_s} innerer HF-Widerstand für E_s
R_{i_u} innerer HF-Widerstand für E_u

Abb. 1. Ausbreitung der Störfelder.

Jede Störquelle stellt grundsätzlich einen Hochfrequenzgenerator dar, der Störspannungen und Ströme erzeugt und dadurch Störenergie in das Netz abgibt. Seine Leistung ist nahezu frequenzunabhängig, was sich insofern besonders unangenehm auswirkt, als das gesamte Rundfunkfrequenzband gestört wird.

Bei Betrachtung der Störquelle als Hochfrequenzgenerator ist zu beachten, daß die Leistung eines jeden Generators durch das Verhältnis seines inneren und äußeren Widerstandes gekennzeichnet ist. Die abgegebene Störleistung ist um so geringer, je größer der innere Hochfrequenzwiderstand der Störquelle und je kleiner der äußere Hochfrequenzwiderstand ist und umgekehrt. Im ersten Fall ist sie als kurzgeschlossener und im zweiten Fall als leerlaufender Generator anzusehen. Einen Höchstwert erreicht die Störleistung, wenn beide Widerstände bei einer bestimmten Frequenz den Resonanzfall ergeben.

Die abgegebene Hochfrequenzleistung ist sowohl zwischen den Netzanschlußleitungen, wie auch zwischen diesen und Erde wirksam und breitet sich als Störfeld aus. Das Störfeld, das zwischen den Netzleitungen wirksam ist, bezeichnet man als symmetrisches, während das Störfeld, welches sich zwischen den Netzleitungen und Erde ausbreitet, als unsymmetrisches Störfeld bezeichnet wird. Da eine Störquelle beide Felder mit Energie versorgt, kann man sich auch jede Störquelle in zwei Hochfrequenzgeneratoren zerlegt denken, von denen einer das symmetrische und der andere das unsymmetrische Feld erzeugt, wie Abb. 1 zeigt.

Für den Entstörungstechniker ist die Kenntnis der Ausbreitung der Störfelder besonders wichtig. Die Störfelder pflanzen sich im allgemeinen längs der Leitungen fort. Infolge seiner größeren räumlichen Ausdehnung wirkt sich das unsymmetrische Störfeld bei der Beeinflussung von Empfangsanlagen besonders ungünstig aus. Bei Freileitungen wird die räumliche Ausdehnung des Störfeldes größere Ausmaße annehmen als bei Kabeln, wo es konzentrischer ist. Die Störfelder können auch von solchen Leitungen, die von Natur aus keine Störenergie führen, durch Kopplung übernommen werden. Der Fortpflanzung der Störenergie längs der Leitungen sind insofern natürliche Grenzen gesetzt, als die Störenergie durch die vorhandenen Widerstände aufgebraucht wird. Bei langen unverzweigten Leitungen ist diese Dämpfung naturgemäß geringer als bei Leitungen mit vielen Abzweigen.

Die Feststellung der Ausdehnung des Störfeldes erfolgt in der Praxis am einfachsten mit dem Störsuchgerät. Um den Störungsträger bzw. die Störquelle mit der eingebauten Rahmenantenne anzupeilen, muß man die Rahmenantenne parallel zur Leitung (Störungsträger) bringen, weil man dann einen Störhöchstwert erhält; in rechtwinkliger Stellung erhält man einen Kleinstwert. Unter Berücksichtigung der relativen Reichweite (Ausdehnung des Störfeldes quer zum Störungsträger) und der etwaigen Kopplungsverhältnisse kann der Störer bald ermittelt werden.

Als erste mögliche Maßnahme zur Verminderung der Ausbreitung von Rundfunkstörungen finden die Maßnahmen an der Empfangsanlage selbst Anwendung. Als oberster Grundsatz für den störfreien Empfang gilt: Vor allem eine gute Antenne. Die Antenne muß im praktisch ungeschwächten Senderfeld, das etwa in 3 bis 5 m über dem Hausdach vorhanden ist, angebracht werden. Zu empfehlen ist die senkrechte Antenne (Stock- oder Stabantenne), die infolge ihrer senkrechten Ausdehnung gegenüber der waagerecht angebrachten Antenne mit der nach der Erde hin zunehmenden Störfelddichte weniger koppelt und somit das Verhältnis $\frac{\text{Senderfeldstärke}}{\text{Störfeldstärke}}$ günstig beeinflußt. Außerdem besitzt die senkrechte Antenne gegenüber der waagerechten Antenne eine ganze Reihe praktischer Vorzüge. Im theoretisch ungeschwächten Senderfeld ist die Wirkungsweise in hochfrequenztechnischer Beziehung beider Antennen gleich.

Ist aus irgendwelchen Gründen die Errichtung einer Hochantenne im praktisch ungestörten Senderfeld nicht möglich und müssen Zimmer- oder Behelfsantennen angewandt werden, so ist zu bedenken, daß sie im geschwächten Senderfeld liegen. Ihre günstigste Lage muß daher, infolge der nicht bekannten Kraftlinienrichtung, von Fall zu Fall durch Versuche ermittelt werden. Außerdem ist auf eine Entkopplung mit Störungsträgern zu achten. Vor Lichtnetzantennen sei besonders gewarnt, da sie den Empfänger in direkte hochfrequente Verbindung mit der Störquelle bringen.

Die Herunterführung von der Antenne im ungeschwächten Senderfeld zum Empfänger muß gegen die Einwirkungen des Störfeldes geschützt werden. Sie wird daher in der Regel als abgeschirmte Leitung ausgeführt. Die abgeschirmte Antennenleitung muß unter Umständen durch ein Zwischenglied (Antennentransformator) dem Empfänger angepaßt werden, da sonst eine Verstimmung des Empfangskreises eintreten kann, was eine Dämpfung bedeutet.

Die Möglichkeit, durch ein Kompensationsverfahren die Störspannung von dem Empfänger fernzuhalten, wurde bereits durch ein Kompensationsgerät mit Brückenschaltung, das neben dem Empfänger aufgestellt wird, verwirklicht. In diesem Fall muß zwar auch die eigentliche Antenne außerhalb des Störfeldes liegen; die Herunterführung zum Kompensationsgerät erfolgt durch ein unabgeschirmtes zweiadriges Seil, dessen oberstes Ende nur mit einer Leitungsader an die Antenne angeschlossen wird, während die andere Ader oben freibleibt. Inwieweit diese Antennen den praktischen Anforderungen genügen, müssen die noch ausstehenden Erfahrungen ergeben.

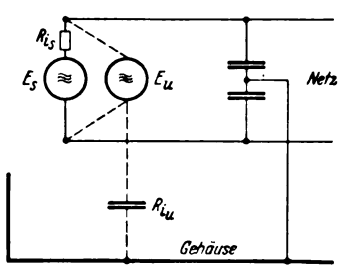


Abb. 2. Kurzschluß der Störquelle, die einen hohen inneren HF-Widerstand hat.

Aus Gründen der baulichen Gestaltung der Häuser wird es nicht immer möglich sein, eine einwandfreie Antenne in der üblichen Ausführung zu errichten. Dies gilt für die Großstadt mehr als auf dem Lande. Im übrigen muß auch eine ungünstige Beeinträchtigung des Straßen-

Digitized by Google

bildes vermieden werden. Der Lösung der Frage „Jedem Rundfunkhörer eine Hochantenne" ist man durch Errichtung von Gemeinschaftsantennen schon ein ganzes Stück nähergekommen. Sie besteht allgemein aus einer Hochantenne und einer Verteilungsanlage, an die sämtliche Rundfunkhörer eines Häuserblocks angeschlossen sind. Auf diese Weise können bis zu zehn Teilnehmer angeschlossen werden. Sollten mehrere hundert Teilnehmer versorgt werden, so ist in der Regel ein Zentralverstärker erforderlich. Die vorliegenden Erfahrungen werden im allgemeinen recht günstig angesehen.

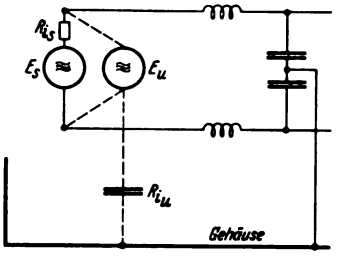


Abb. 3. Kurzschluß der Störquelle, die einen geringen inneren HF-Widerstand hat.

Die Störanfälligkeit einer Empfangsanlage kann man außerdem noch durch eine zweckmäßige Erdleitung herabsetzen. Die Ansprüche, die an eine Rundfunkerdleitung gestellt werden müssen, sind geringer ohmscher und hochfrequenter Widerstand und kopplungsfreie Verlegung. Dies wird meistens erreicht durch eine kurze geradlinige Verbindung mit dem Wasserrohrnetz. Ist das nicht ohne weiteres zu erreichen, dann ist die Verwendung eines Gegengewichtes zu empfehlen, an das die gleichen obengenannten Bedingungen zu stellen sind.

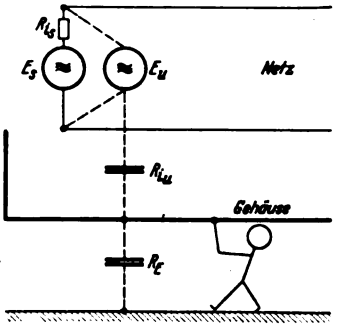


Abb. 4. Spannungsstellung der unsymmetrischen Störspannung bei Berührung eines nicht geerdeten Geräts.

Als zweite Möglichkeit zur Verminderung der Ausbreitung von Rundfunkstörungen kommen die Maßnahmen an der Störquelle zur Anwendung. Der Zweck dieser Maßnahmen muß sein, die Störenergie zu vernichten oder zumindest herabzusetzen. Je nach Art des Störers wendet man grundsätzlich an:

1. Kurzschluß der hochfrequenten Störquelle,
2. Veränderung des störenden Vorgangs,
3. Abschirmung.

Hierbei werden folgende Störschutzmittel angewandt:

1. Kondensatoren,
2. Ohmsche Widerstände,
3. Hochfrequenzdrosseln,
4. Abschirmbleche oder Gaze.

Entsprechend der Art der Störquelle — des sog. Hochfrequenzgenerators — werden verschiedene Schaltungen angewendet. Störquellen, die einen Hochfrequenzgenerator mit großem inneren Widerstand darstellen, werden im allgemeinen durch Zuschaltung von Kondensatoren kurzgeschlossen. Der Kurzschluß der Störquelle muß für das symmetrische, wie auch für das unsymmetrische Störfeld durchgeführt werden. Eine solche vereinfachte Schaltung zeigt Abb. 2.

Die Netzverhältnisse, die besonders auf die Ausbreitung des unsymmetrischen Störfeldes einen Einfluß haben, können in einzelnen Fällen Abweichungen von dem Prinzipschaltbild fordern. Die Güte der Störungsverminderung hängt hierbei im wesentlichen von dem Größenverhältnis des inneren Hochfrequenzwiderstandes der Störquelle zum Hochfrequenzwiderstand des Kondensators ab.

Störquellen, die einen geringen inneren Hochfrequenzwiderstand besitzen, benötigen naturgemäß größere Kapazitäten. Aus starkstromtechnischen Gründen ist jedoch eine Beschränkung der Kapazitätswerte erwünscht. Um trotzdem eine weitgehende Störungsverminderung bei diesen Störquellen zu ermöglichen, kann man durch Hochfrequenzdrosseln den inneren Hochfrequenzwiderstand der Störquelle heraufsetzen, um dann die Störquelle mit einer Kapazität, deren Wert dann geringer sein kann, kurzzuschließen. Abb. 3 zeigt das entsprechende Schaltbild.

Wird ein entstörtes ungeerdetes Gerät durch eine auf der Erde stehende Person berührt, so kann u. U. hierdurch die Entstörungsmaßnahme teilweise unwirksam gemacht werden. Bei Berührung des ungeerdeten Gehäuses durch eine auf der Erde stehende Person wird sich die unsymmetrische Störspannung derart aufteilen, daß der größte Teil der Störspannung jetzt zwischen Leitung und Erde wirksam ist.

Wie aus Abb. 4 zu erkennen ist, bedeutet dies eine Verminderung des inneren Hochfrequenzwiderstandes und somit eine Erhöhung der Störleistung des unsymmetrischen Feldes. Daher sind zum Kurzschluß des unsymmetrischen Feldes im Erdungsfalle allgemein größere Kapazitäten erforderlich.

Um den zeitlichen Verlauf des störenden Vorgangs in bezug auf Störungsverminderungen günstig zu beeinflussen, kann eine künstliche Belastung mit Kondensatoren und Widerständen erfolgreich sein. Inwieweit eine Beeinflussung erreicht werden kann, veranschaulicht die Kurve in Abb. 5[2]).

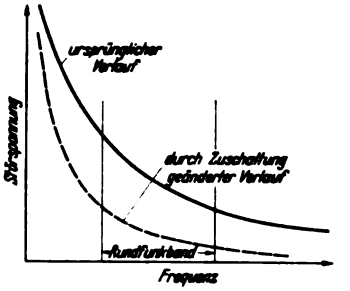


Abb. 5. Beeinflussung des zeitlichen Verlaufs eines störenden Vorgangs.

Die grundsätzliche Entstörung eines Kontaktes zeigt Abb. 6. Die Notwendigkeit der ohmschen Widerstände in dem Schaltungsbild ergibt sich deshalb, weil bei gewöhnlicher Zuschaltung von Kondensatoren die Funkenbildung zu einer erhöhten Beanspruchung des Kontaktes und somit zu einer vorzeitigen Zerstörung des Kontaktbaustoffes führen könnte.

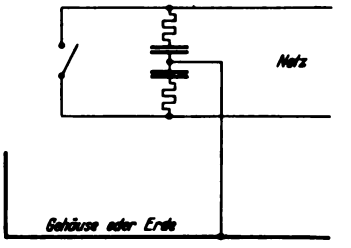


Abb. 6. Grundsätzliche Entstörung eines Kontaktes.

Eine noch gebräuchliche Entstörungsmaßnahme an solchen Geräten, die eine Magnetwicklung haben, ist die Symmetrierung der Wicklungen. Hierdurch wird eine Erhöhung des inneren Widerstandes des Störgenerators erreicht. Die Symmetrierung ähnelt grundsätzlich dem Einbau einer Doppeldrossel, nur mit dem Vorteil, daß die Drossel durch eine geteilte Wicklung ersetzt wird.

Die Abschirmung wird in der Regel nur bei ausgesprochenen Hochfrequenzerzeugern (med. Geräte) angewendet. Die Abschirmung soll verhindern, daß die vom Störer ausgehenden Störwellen nicht zu den Empfangsanlagen gelangen können. Als Abschirmbaustoff ist Metallfolie oder auch Metallgaze gebräuchlich.

Die Größe der Störschutzkondensatoren darf in keinem Fall Kapazitätswerte überschreiten, die die Betriebssicherheit oder den Wirkungsgrad des Geräts ungünstig beeinflussen. In Gleichstromnetzen wird man im allgemeinen mit Kondensatoren von 1 bis 2 µF und in Wechselstromnetzen mit solchen bis zu 0,1 µF auskommen. Für die praktische Verwendung kommen nur Kondensatoren in Betracht, die den vorgeschriebenen Prüfspannungen genügen[3]). Auf den richtigen Einbau von Berührungsschutzkondensatoren ist besonders zu achten[4]).

[2]) Vgl. Dennhardt u. Himmler: Rundfunkstörungen, Berlin: Springer 1935.
[3]) VDE 0870/1933.
[4]) VDE 0874/1935.

Digitized by Google

Bei der Anwendung von Hochfrequenzdrosseln, die vom Betriebsstrom durchflossen werden, ist unbedingt ein ausreichender Drahtquerschnitt zu wählen, damit eine übermäßige Erwärmung ausgeschlossen wird.

Der Einbau von Entstörungsmitteln hat nach starkstromtechnischen Gesichtspunkten zu erfolgen. In hochfrequenztechnischer Hinsicht sollen die Verbindungsleitungen so kurz wie möglich gehalten werden, um eine unerwünschte Antennenwirkung zu vermeiden.

Zusammenfassung.

Diese kurzen Darlegungen vermitteln dem angehenden Rundfunkentstörungstechniker einen kurzen Überblick über die elementaren Grundlagen. In jedem Fall ist davon abzuraten, Schutzmaßnahmen wahllos auszuprobieren. Es würde sonst viel zeitraubende Arbeit vergeudet, die mit Hilfe der technischen Vorkenntnisse ohne weiteres zu ersparen gewesen wäre.

Niederspannungs-Leuchtröhren.

621. 327. 4. 027. 2

Der Aufsatz[1]) nimmt auf einen Bericht in der Electrical Review[2]) Bezug und gibt Einzelheiten wieder von Betriebserfahrungen mit Niederspannungs-Leuchtröhren. Bei Niederspannungsröhren ist es nicht die positive Säule, die die Lichtstrahlung verursacht, sondern die negative, das sog. Glimmlicht. Die Entladung erfolgt zwischen biegsamen Elektroden, die durch die ganze Länge der Röhren geführt sind. Spiraldrahtelektroden geben besonders befriedigende Ergebnisse. Die Ausmaße der Spirale sind abhängig von der Zusammensetzung und dem Druck des Füllgases innerhalb der Röhre, dem Elektrodenbaustoff und der Oberfläche. Der Verfasser stellte fest, daß für mit Neon gefüllte Röhren Spiralelektroden mit einem mittleren Durchmesser von 3,7 mm ausreichen; im Gegensatz zu solchen Röhren, die Argon und Quecksilber enthalten und bei denen der mittlere Durchmesser auf 1,1 mm verringert werden muß. Dieser Unterschied rührt von der verschiedenen Ionisationsspannung der einzelnen Elemente her. Die Ganghöhe der Spirale ist ebenfalls von verschiedenen Faktoren abhängig. Im allgemeinen empfiehlt es sich, die Strecke zwischen den angrenzenden Windungen größer zu machen als die doppelte Stärke des Dunkelraumes. Versuche an 15 bis 16 mm starken Röhren wiesen einen Verbrauch von 20 bis 30 W je Meter auf, was der Größenordnung nach dem Verbrauch in Hochspannungsröhren entspricht. Die Spannung ist bei Niederspannungsröhren unabhängig von der Röhrenlänge. Der Wirkungsgrad dieser Röhren ist wesentlich besser als der von Hochspannungsröhren. Ferner ergaben Versuche mit Spiralelektroden aus oxydiertem Eisendraht, daß Röhren — betrieben mit doppelter Nennspannung — nach etwa 1000 Betriebsstunden eine Verminderung der Lichtstärke von etwa 40 % aufwiesen. Da das menschliche Auge nur die Gleichheit von Lichtstärken und nicht ihre Veränderung beurteilen kann, stellt diese Verringerung aber keine Begrenzung in der brauchbaren Betriebsdauer der Röhren dar. Unter der Annahme, daß die Röhren mit Nennspannung (also nicht wie bei den erwähnten Versuchen mit der doppelten Spannung) betrieben werden, ist damit zu rechnen, daß die Lebensdauer nicht unter 5000 h liegt.

Wird bei den Röhren Klarglas verwendet, so zeigt sich von einer gewissen Entfernung an die Lichtstrahlung über die ganze Röhre verteilt; bei geringem Abstand ist die Lichtstrahlung nur in der Umgebung der Elektroden erkenntlich. Das ist zwar in bestimmten Fällen, wie z. B. bei mit Neon gefüllten Röhren, ein Nachteil. Bei anderen Röhren, wie z. B. bei blauen oder grünen, die Argon oder Quecksilber enthalten, wirkt sich die Erscheinung aber noch immer annehmbar aus. Bei Röhren aus Opalglas wirkt das Licht von jedem Abstand aus gleichmäßig verteilt. Es wird ferner festgestellt, daß die Lichtstrahlung bei Niederspannungsröhren bei einem geringen Abstand weicher erscheint. Diese Eigenschaft sei reklametechnisch von besonderer Bedeutung, da nicht nur die Vermeidung einer Blendung, sondern in jedem Abstand eine angenehme Lichtwirkung angestrebt werden muß. — Anm. d. Ber.: Beleuchtungskörper, bei denen das negative Glimmlicht zur Anwendung gelangt, sind von der sog. Glimmlampe her bekannt. Verschiedentlich sind auf dem Markt auch schon Beleuchtungskörper in Gestalt von Röhren aufgetaucht, die mit Niederspannung, sowohl mit Gleich- als auch mit Wechselstrom befriedigende Lichteffekte herstellen. Die Lichtausbeute ist jedoch hierbei verhältnismäßig gering. Für stationäre Anlagen mit befriedigender Lichtstärke hat diese Art von Röhren in Deutschland noch keinen Eingang gefunden. *B. Sch.*

[1]) P. Freedman, Electr. Rev. 118 (1936) S. 487.
[2]) D. Kristin, Electr. Rev. 117 (1935) S. 706.

Die Präzisionsfrequenzmessungen der internationalen Kontrollstelle in Brüssel.

621. 317. 36

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Meßeinrichtungen in Brüssel, wo täglich etwa 325 europäische Rundfunkstationen bezüglich ihrer Sendefrequenz geprüft werden[1]). Die Wellenknappheit zwingt zur Verwendung von Gemeinschaftswellen, d. h. zwei Sender, die allerdings räumlich weit auseinander liegen, senden ihre Darbietungen auf gleicher Welle aus. Störungen des Empfangs werden dabei aber nur dann vermieden, wenn die Trägerwellen um höchstens 10 Hz voneinander abweichen. Die zur Prüfung der Sender erforderliche Meßgenauigkeit muß damit im Rundfunkband mindestens $1 \cdot 10^{-6}$ betragen, und die Meßeinrichtungen müssen dabei so beschaffen sein, daß alle Sender von Beginn der Dunkelheit bis Programmschluß gemessen werden können. Zur Ausführung dieser Präzisionsfrequenz-Messungen wird in Brüssel die im folgenden näher beschriebene Einrichtung verwendet. Die Grundlage der Messung ist eine Normalfrequenz von genau 1000 Hz. Sie wird von einer Stimmgabel geliefert, die aus Elinvarstahl hergestellt ist und durch eine Röhrenschaltung erregt wird. Die Stimmgabel ist in einem Thermostaten eingebaut, in dem gleichzeitig auch der Luftdruck gleichmäßig gehalten wird. Zur genauen Ermittlung und Prüfung der Frequenz der Gabel wird ein Synchronmotor mit der Normalfrequenz derart gespeist, daß ein Kontakt alle 1000 Perioden — also jede Sekunde einmal — geschlossen wird. Über eine Relaisanordnung werden diese Kontaktschlüsse mit Hilfe eines Schreibers mit dem astronomischen Zeitzeichen verglichen. Die Genauigkeit der so geeichten Stimmgabel wird mit $5 \cdot 10^{-7}$ angegeben.

Von der Normalfrequenz werden in einem Vervielfachungsgerät Oberschwingungen bis zu 2000 kHz erzeugt. Die Messung der Sendefrequenz eines Rundfunksenders wird nun in der Weise vorgenommen, daß man einen hochwertigen Empfänger auf die Sendewelle abstimmt und der einfallenden Hochfrequenz eine Oberschwingung der Normalfrequenz überlagert. Es entsteht so ein Überlagerungston, der beobachtet wird. Durch die vielen dicht beieinander liegenden Oberschwingungen entstehen bei diesem Verfahren weitere Schwebungstöne, die die Messung stören. Man wählt daher folgenden Umweg: Ein Hilfssender wird bei abgeschalteter Antenne unter Zuhilfenahme des Empfängers genau auf die gewählte Oberschwingung der 1000 Hz eingestellt (Schwebungsnull!) und mit diesem nunmehr bei eingeschalteter Antenne der Empfang überlagert. Auf diese Weise läßt es sich stets so einrichten, daß Überlagerungstöne im Bereich 500 bis 1500 Hz entstehen, die mit Hilfe eines geeichten Tonsummers auf ± 1 Hz genau gemessen werden. Bei diesem Verfahren braucht der Hilfssender keine sehr genaue Eichung aufzuweisen, er muß nur sehr konstant sein. Die Abweichung eines Senders von seiner Sollfrequenz (ganze kHz-Zahlen) kann nun unmittelbar ohne Rechnung an dem Tonsummer abgelesen werden. Der Tonsummer wird mit Hilfe der Normalfrequenz von 1000 Hz an diesem Punkte von Zeit zu Zeit nachgeprüft. Das angegebene Verfahren gestattet es, Sender von wenigen Hertz Abstand zu messen. Dabei dauert eine Messung auf ± 1 Hz genau nur etwa 20 bis 30 s. Die Arbeit enthält Angaben über die Genauigkeit der Stimmgabel, über die Meßzeit eines Monats und Beispiele von der Konstanz der neuen Rundfunksender. *Hze.*

[1]) E. Divoire, Bull. Soc. belg. Électr. 52 (1936) S. 89.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel gibt nachstehenden Entwurf bekannt:

VDE 0260/1936 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen",

Einsprüche sind bis zum 6. August d. J. der Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Entwurf 1.

VDE 0260/1936.

Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen.

Inhaltsübersicht.

A. Gültigkeit.
§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

B. Aufbau.
§ 3. Kenn- u. Kurzzeichen.
§ 4. Leiter.
§ 5. Isolierhülle.
§ 6. Bleimantel.
§ 7. Umhüllung und Bewehrung.

C. Prüfbestimmungen.
§ 8. Ein- und Mehrleiterkabel für Nennspannungen bis 1 kV.
§ 9. Einleiter - Wechselstromkabel und verseilte Mehrleiterkabel für Nennspannungen über 1 kV.

D. Belastbarkeit.
§ 10.

A. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften treten am ..... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen.

B. Aufbau.

§ 3.

Kenn- und Kurzzeichen.

a) Papierbleikabel mit Aluminiumleitern müssen unter dem Bleimantel einen Papierkennstreifen mit laufender Firmenangabe des Herstellers und den Aufdruck „VDE 0260/1936" enthalten. Abstände des Aufdruckes nicht größer als 30 cm.

b) Die Einzeladern in Mehrleiterkabeln müssen durch verschiedene Färbung gekennzeichnet sein, und zwar bei

2 Adern: rot—naturfarben,
3 Adern: rot—naturfarben—blau,
4 Adern: rot—naturfarben—blau—blau/naturfarben.

c) Die verschiedenen Bauarten der Kabel werden mit Kurzzeichen benannt, z. B.

NAK: Kabel mit blankem Bleimantel,
NAKA: Kabel mit Bleimantel und Umhüllung,
NAKB: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Bandeisenbewehrung,
NAKF: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Flachdrahtbewehrung,
NAKR: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Runddrahtbewehrung,
NAKFG: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und Gegenwendel,
NAKRG: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und Gegenwendel,
NAKBA: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Bandeisenbewehrung und Umhüllung,
NAKFA: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und Umhüllung,
NAKRA: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und Umhüllung,
NAKRRA: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, doppelter Runddrahtbewehrung und Umhüllung,
NAKZA: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Z-förmiger Profildrahtbewehrung und Umhüllung,
NAKZRA: Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Z-förmiger Profildrahtbewehrung, Runddrahtbewehrung und Umhüllung.

Dem Kurzzeichen wird ein weiteres „A" angehängt, wenn das Kabel eine doppelte äußere Umhüllung erhält.

Dem Kurzzeichen folgen Leiterzahl, Querschnittsangabe, Leiterform, und zwar:

„r" für Leiter kreisförmigen Querschnittes,
„s" für Leiter sektorförmigen Querschnittes,

sowie die Angabe der Nennspannung in Kilovolt, für die das Kabel bemessen ist, z. B. NAKBA 3 × 150 r 15 kV.

Für Kabel mit einzelverbleiten Adern (z. B. Dreimantelkabel) ist zwischen „A" und „K" das Zeichen „E" einzufügen, z. B. NAEKBA.

Tafel I.
Mindestzahl der Drähte.

1	2	3	4
Leiterquerschnitt mm²	Rundleiter*)	Sektorleiter	Rundleiter für Einleiterkabel mit Prüfdraht
4	1	—	—
6	1	—	—
10	1	—	—
16	1	—	3
25	1	—	6
35	1	—	6
50	7	15	6
70	19	15	13
95	19	15	13
120	19	17	13
150	19	17	18
185	19	21	18
240	37	21	29
300	37	32	36
400	61	—	36
500	61	—	60
625	91	—	60
800	91	—	60
1000	91	—	60

*) Querschnitte von 50 mm² und höher bei Nennspannungen bis U = 10 kV bzw. U_0 = 6 kV einschließlich sind bei Mehrleiter-Gürtelkabeln sektorförmig auszuführen.

§ 4.

Leiter.

a) Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202/1936 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik". Aluminiumleiter sind nur in Querschnitten von

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im ..... 19.. Veröffentlicht: ETZ .....S. ....

Digitized by Google

4 mm² aufwärts zulässig; der Durchmesser der einzelnen Drähte darf nicht kleiner als 1,35 mm sein.

b) Die Mindestzahl der Drähte des Leiters muß den Werten in Tafel I entsprechen.

c) Prüfdrähte sind nur in Kabeln für Nennspannungen bis $U_0 = 1$ kV zulässig. Der Querschnitt jedes Prüfdrahtes muß mindestens 1 mm² sein.

Tafel II.

Dicke der Isolierhülle für Einleiterkabel und aus Einleiterkabeln verseilte Mehrleiterkabel.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Leiterquerschnitt	$U_0 = 0{,}6$*) $U = 1$	1,75 3	3,5 6	6 10	10 15	12 20	17,5 30	25 45	35 kV 60 kV
mm²	Dicke in Millimeter								
4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1,2	2	—	—	—	—	—	—	—
10	1,2	2	2,6	3,2	—	—	—	—	—
16	1,2	2	2,6	3,2	4,5	—	—	—	—
25	1,5	2	2,6	3,2	4,5	5,5	—	—	—
35	1,5	2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	—	—
50	1,5	2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	—
70	1,5	2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	—
95	1,5	2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	14
120	1,5	2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	14
150	1,7	2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	14
185	1,7	2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	14
240	2	2,2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	14
300	2	2,2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	14
400	2	2,2	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	10,5	14
500	2,2	2,3	2,6	3,2	4,5	5,5	7,5	—	—
625	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—
800	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—

Die gleichen Werte gelten auch für Kabel mit metallumhüllten Adern und gemeinsamem Bleimantel.
*) Die Werte dieser Spalte gelten auch für Nennspannungen bis $U_0 = 1$ kV.

Tafel III.

Dicke der Isolierhülle für Mehrleiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Leiterquerschnitt	U = 1		3		6		10		15		20 kV.	
	L L	L B	L L	L B	L L	L B	L L	L B	L L	L B	L L	L B
mm²	Dicke in Millimeter											
4	1,6	1,2	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1,6	1,2	3	2	5,2	3,1	—	—	—	—	—	—
10	1,6	1,2	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	—	—	—	—
16	1,6	1,2	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	—	—
25	1,8	1,5	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
35	1,8	1,5	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
50	1,8	1,5	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
70	1,8	1,5	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
95	1,8	1,5	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
120	1,8	1,5	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
150	2,2	1,7	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
185	2,2	1,7	3	2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
240	2,4	2	3,2	2,2	5,2	3,1	6,4	3,7	10	5,5	12	6,5
300	2,4	2	3,2	2,2	5,2	3,1	6,4	3,7	—	—	—	—
400	2,4	2	3,2	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—

L L = Isolierhülle zwischen Leiter und Leiter.
L B = Isolierhülle zwischen Leiter und Bleimantel.

§ 5.

Isolierhülle.

a) Die Isolierhülle der Leiter von Papierbleikabeln besteht aus getränktem Papier.

b) Für die Dicke der Isolierhüllen gelten die Werte in Tafeln II und III.

U_0 ist die Nennspannung zwischen Leiter und Bleimantel in Kilovolt,

U ist die Nennspannung zwischen zwei Leitern im Drehstromkabel in Kilovolt; $U = 1{,}73\ U_0$.

c) Die in Tafeln II und III angegebenen Werte für die Dicke der Isolierhüllen sind mittlere Werte. Örtliche Abweichungen von ± 5 %, jedoch mindestens 0,2 mm, sind zulässig.

§ 6.

Bleimantel.

a) Für die Dicke des Bleimantels gelten die Werte in Tafel IV.

b) Die in Tafel IV angegebenen Werte für die Dicke des Bleimantels sind Mittelwerte. Die Dicke des Bleimantels ist durch Messung mit der Mikrometerschraube festzustellen. Wenigstens 5 Messungen sind an möglichst gleichmäßig verteilten Stellen eines Bleistreifens auszuführen, der dem Mantel in der Umfangsrichtung entnommen ist. Die Breite des Streifens soll etwa gleich dem Manteldurchmesser sein. Der Mittelwert der Messungen an einer Probe darf den vorgeschriebenen Wert nicht unterschreiten, während der kleinste bei den Messungen gefundene Wert um nicht mehr als 10 % von dem vorgeschriebenen Wert abweichen darf.

Tafel IV.

Dicke des Bleimantels.

1	2	1	2
Durchmesser unter dem Bleimantel	Dicke*) des Bleimantels	Durchmesser unter dem Bleimantel	Dicke*) des Bleimantels
mm	mm	mm	mm
bis 12	1,1	68	2,8
16	1,2	71	2,9
20	1,3	74	3,0
26	1,5	78	3,1
29	1,6	81	3,2
32	1,7	84	3,3
35	1,8	87	3,4
38	1,9	91	3,5
41	2,0	95	3,6
45	2,1	98	3,7
48	2,2	—	—
51	2,3	—	—
58	2,5	—	—
61	2,6	—	—
64	2,7	—	—

*) Bei Einleiterkabeln für Nennspannungen über $U = 10$ kV, die zu Mehrleiterkabeln verseilt werden, sind die Dicken der Bleimäntel um 0,2 mm zu erhöhen.

§ 7.

Umhüllung und Bewehrung.

a) Für den Aufbau der Umhüllung und Bewehrung gilt Tafel V.

Tafel V.

Umhüllung und Bewehrung.

(Siehe VDE 0255/1934.)

b) Einleiterkabel, die zu Mehrleiterkabeln verseilt werden, müssen über dem Bleimantel eine Umhüllung haben, die aus zähflüssigem Compound und mindestens 2 Lagen vorgetränkten Papiers besteht.

c) Umhüllung und Bewehrung sind bei Dreileiterkabeln, die aus Einleiterkabeln verseilt werden, zweckmäßig so aufzulegen, daß der Gesamtquerschnitt dreieckförmig wird. Die Abmessungen der Umhüllung und Bewehrung richten sich bei solchen Kabeln nach dem Durchmesser des den verseilten Einleiterkabeln umschriebenen Kreises.

d) Über die Bewehrung einzeln verlegter Einleiterkabel für Wechselstrom werden keine Bestimmungen getroffen.

e) Die in Tafel V angegebenen Werte für die Dicke sind Mittelwerte. Örtliche Abweichungen sind zulässig:

Für die Umhüllung über dem Bleimantel ± 20 %,

für die Umhüllung über der Bewehrung ± 20 %,

für die Bewehrung aus Eisenband, Rund- oder Flachdraht ± 10 %.

Digitized by Google

C. Prüfbestimmungen.

§ 8.

Einleiter- und Mehrleiterkabel für Nennspannungen bis 1 kV.

a) Die Kabel werden in der Fabrik mit 4 kV Wechselspannung und 50 Per/s in der aus Tafel VI, Spalten 2 und 3, ersichtlichen Schaltung und mit der in Spalte 5 angegebenen Prüfdauer geprüft. Die Prüfung der Kabel nach betriebsfertiger Verlegung erfolgt nach Tafel VI.

b) Prüfdrähte werden mit 1,25 kV gegen Leiter und gegen Bleimantel 30 min lang geprüft.

c) Die Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit erfolgt nach § 9 c).

d) Die Prüfung der Brennbarkeit der Umhüllung von freiverlegten Kabeln in Bergwerken unter Tage erfolgt nach § 9 g).

§ 9.

Einleiter-Wechselstromkabel und verseilte Mehrleiterkabel für Nennspannungen über 1 kV.

a) Die Kabel werden in der Fabrik mit Prüfspannungen nach Tafel VI geprüft. Die Prüfspannung beträgt mindestens 4 kV.

b) Zur Feststellung des elektrischen Sicherheitsgrades kann ein dem Kabel entnommenes Stück von höchstens 5 m Länge in folgender Weise geprüft werden:

Einleiter-Wechselstromkabel, aus Einleiterkabeln verseilte Mehrleiterkabel und Mehrleiterkabel mit metallumhüllten Adern und gemeinsamem Bleimantel mit $6\,U_0$, verseilte Mehrleiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel mit $5\,U$.

Bei schnellem Steigern und Halten der Spannung auf den genannten Werten muß das Stück 5 min lang dieser Spannung standhalten.

Tafel VI.

Prüfspannungen und Prüfzeiten.

(Siehe VDE 0255/1934.)

c) Zur Feststellung der mechanischen Widerstandsfähigkeit kann folgende Biegeprüfung ausgeführt werden:

Ein bewehrtes Kabelstück von höchstens 5 m Länge ist bei Raumtemperatur (nicht unter 10 °) über einen Kern vom Durchmesser D aufzuwickeln, wieder abzuwickeln und gerade zu richten, darauf in entgegengesetzter Richtung aufzuwickeln und gerade zu richten. Nach 3-maliger Ausführung dieser Biegeprüfung soll das Stück die Prüfung in der Fabrik nach Tafel VI aushalten.

Der Kerndurchmesser D ist:

bei Einleiterkabeln das 25-fache,
bei verseilten Mehrleiterkabeln das 15-fache

des Kabeldurchmessers über Blei und bei aus Einleiterkabeln verseilten Mehrleiterkabeln des den verseilten Adern umschriebenen Kreises.

d) Die dielektrischen Verluste dürfen bei dem 1,5-fachen Betrag der Nennspannung in einem Temperaturbereich von etwa 15 bis 45 ° die nachstehenden Werte nicht überschreiten:

Bei Einleiter-Wechselstromkabeln, aus Einleiterkabeln verseilten Mehrleiterkabeln und Mehrleiterkabeln mit metallumhüllten Adern und gemeinsamem Bleimantel für Nennspannungen $U_0 = 10$ kV und darüber 1 % der Ladeleistung,

bei verseilten Mehrleiterkabeln mit gemeinsamem Bleimantel für Nennspannungen $U = 15$ kV und darüber 1,5 % der Ladeleistung.

e) Für eine zusätzliche Prüfung der Kabel nach der betriebsfertigen Verlegung gelten die in Tafel VI angegebenen Prüfspannungen und Prüfzeiten.

f) Bei der Prüfung des betriebsfertig verlegten Kabels mit Gleichspannung kann die Prüfspannung bei Einleiterkabeln, aus Einleiterkabeln verseilten Mehrleiterkabeln und Mehrleiterkabeln mit metallumhüllten Adern und gemeinsamem Bleimantel 1 min auf $5{,}5\,U_0$, bei Mehrleiterkabeln mit gemeinsamem Bleimantel 1 min auf $4{,}2\,U$ erhöht werden, sofern diese Gleichspannung nicht höher als der Scheitelwert der Prüfspannung für die Durchführungsisolatoren in den Endverschlüssen des Kabels liegt. Zur Feststellung des Gleichspannungswertes dient eine Funkenstrecke, die so eingestellt ist, daß bei den vorstehend genannten Spannungen bzw. dem 1,4-fachen der Prüfspannung der Durchführungsisolatoren ein Überschlag eintritt.

g) Die Umhüllung von frei verlegten Kabeln in Bergwerken unter Tage muß nachstehender Prüfung standhalten:

Das Probestück von höchstens 1 m Länge wird in horizontaler Lage in die auf höchste Temperatur gestellte Flamme eines mit Leuchtgas gespeisten Bunsenbrenners bis zur Entflammung, höchstens aber 5 min gehalten. Das Feuer darf sich nicht weiter verbreiten und muß nach Entfernung der Flamme innerhalb von 2 min verlöschen.

D. Belastbarkeit.

§ 10.

a) Den Belastungstafeln VII bis X ist für Kabel für Nennspannungen bis $U = 6$ kV bzw. $U_0 = 3{,}5$ kV eine Leiterübertemperatur von 35 °, für Kabel höherer Nennspannung eine Leiterübertemperatur von 25 ° bei der Verlegung eines Kabels in der üblichen Verlegungstiefe von 70 cm in Erde zugrunde gelegt.

b) Bei Verlegung von Kabeln in Luft ist es empfehlenswert, die Kabel nur mit etwa 75 % der in Tafeln VII bis X angegebenen Werte zu belasten. Bei Verlegung in Kanälen oder in Rohren sind die Werte um weitere 10 % zu vermindern.

Tafel VII.

Belastungstafel für Einleiter-Gleichstromkabel, Zweileiter-, Dreileiter- und Vierleiterkabel für Nennspannungen bis 1 kV.

1	2	3	4
Querschnitt	Einleiterkabel	Zweileiterkabel	Drei- u. Vierleiterkabel
mm²	Belastbarkeit in Ampere		
4	50	40	35
6	70	50	45
10	90	70	65
16	125	95	90
25	160	125	110
35	200	150	130
50	250	190	160
70	305	225	195
95	370	270	235
120	430	305	270
150	490	350	310
185	550	390	355
240	640	455	410
300	730	510	470
400	865	610	560
500	985	—	—
625	1140	—	—
800	1310	—	—
1000	1500	—	—

Tafel VIII.

Belastungstafel für verseilte Dreileiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel.

1	2	3	4	5	6
Querschnitt	U = 3	6	10	15	20 kV
mm²	Belastbarkeit in Ampere				
4	35	—	—	—	—
6	50	45	—	—	—
10	65	60	50	—	—
16	85	80	70	65	—
25	110	105	90	85	85
35	130	130	110	105	100
50	160	155	130	125	120
70	195	190	160	155	150
95	230	225	190	185	180
120	270	260	225	215	210
150	305	295	255	245	240
185	350	335	290	280	270
240	405	390	340	330	320
300	460	445	385	—	—
400	530	—	—	—	—

Digitized by Google

Tafel IX.

Belastungstafel für aus Einleiterkabeln verseilte Dreileiter-Kabel.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Querschnitt	$U_0 = 1{,}75$ / $U = 3$	3,5 / 6	6 / 10	10 / 15	12 / 20	17,5 / 30	25 / 45	35 kV / 60 kV
mm²	Belastbarkeit in Ampere							
6	50	—	—	—	—	—	—	—
10	70	65	55	—	—	—	—	—
16	90	85	75	70	—	—	—	—
25	120	115	100	95	90	—	—	—
35	150	145	120	115	110	105	—	—
50	180	175	150	145	135	130	125	—
70	215	210	185	175	170	160	150	—
95	255	250	215	205	195	190	175	170
120	295	290	250	240	230	215	200	190
150	335	330	280	270	260	250	230	215
185	375	370	315	305	290	275	255	245
240	435	430	370	355	340	320	295	280
300	495	490	415	400	385	360	335	320
400	555	560	480	460	440	415	390	370
500	630	625	540	510	490	465	—	—

Für Kabel mit metallumhüllten Adern und gemeinsamem Bleimantel sind bei Spannungen bis $U = 20$ kV für die Belastung die Mittelwerte aus Tafeln VIII und IX einzusetzen; bei Spannungen $U = 30$ bis 60 kV sind die Werte um 5 % zu ermäßigen.

Tafel X.

Belastungstafel für drei einzeln verlegte, nicht bewehrte Einleiterkabel in Drehstromsystemen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Querschnitt	$U_0 = 0{,}6$ / $U = 1$	1,75 / 3	3,5 / 6	6 / 10	10 / 15	12 / 20	17,5 / 30	25 / 45	35 kV / 60 kV
mm²	Belastbarkeit in Ampere								
16	115	110	105	90	85	—	—	—	—
25	145	140	135	115	110	105	—	—	—
35	175	170	165	140	135	130	125	—	—
50	215	210	205	175	170	160	155	150	—
70	260	255	250	215	205	200	190	175	—
95	310	305	300	255	245	235	225	210	200
120	355	350	345	290	280	270	255	240	230
150	400	395	390	330	320	310	290	270	260
185	440	435	430	365	355	345	325	310	295
240	500	495	490	415	405	390	370	350	335
300	555	550	545	455	445	430	410	390	370
400	630	625	620	515	505	490	470	450	430
500	685	880	675	565	555	540	520	—	—
625	750	—	—	—	—	—	—	—	—
800	810	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	875	—	—	—	—	—	—	—	—

Diese Werte gelten für unbewehrte Kabel, verlegt in einem Achsenabstand von etwa 13 cm unter Berücksichtigung der Bleimantelverluste bei widerstandslosem Kurzschließen des Mantels an beiden Kabelenden.

c) Bei Anhäufung mehrerer Kabel in Kanälen oder Rohrblöcken sowie bei Verlegung mehrerer Kabel in einem Graben in mehreren Lagen übereinander muß die zulässige Belastbarkeit von Fall zu Fall festgesetzt werden. Das gleiche gilt bei aussetzendem Betrieb.

Tafel XI.

Belastbarkeit bei Anhäufung von Kabeln.

1	2	3	4	5
Anzahl der Kabel im Graben	2	4	6	8
Prozent der Belastbarkeit nach Tafeln VII bis IX	90	80	75	70

Wenn mehrere Kabel in einem Graben nebeneinander liegen, so sind die Werte in Tafeln VII bis IX auf die Werte in Tafel XI zu vermindern, die für den üblichen lichten Abstand der Kabel in Ziegelsteindicke (etwa 6 cm) errechnet ist. Gesondert verlegte Mittelleiter bleiben hierbei unberücksichtigt.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein e. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Vortragsreihe 1935 „Elektrische Bahnen" in Buchform.

Der VDE-Gau Berlin-Brandenburg hat in den Monaten Januar und Februar 1935 in Gemeinschaft mit dem „Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin" eine Vortragsreihe über „Elektrische Bahnen" veranstaltet. In dieser Vortragsreihe wurde das Gesamtgebiet der elektrischen Bahnen (Vollbahn, Stadt- und Vorortbahn, Straßenbahn und Bergbahn) behandelt. Auf Wunsch vieler Hörer hat Reichsbahndirektor Dr.-Ing. E. h. Wilhelm Wechmann die Vortragsreihe in Buchform (Umfang 156 Seiten, 125 Abbildungen) herausgegeben.

Inhalt:

Einleitung. Von Bergmann, Direktor und Mitglied des Vorstandes der Deutschen Reichsbahn.

I. Berechtigung des elektrischen Zugbetriebes. Von Dr.-Ing. habil. Wilhelm Wechmann, Reichsbahndirektor und Mitglied der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn.

II. Die ortsfesten Anlagen des elektrischen Zugbetriebes. Von Dr.-Ing. E. h. Werner Usbeck, Direktor der Reichsbahn und Abteilungsleiter der Reichsbahndirektion Altona.

III. Drehumformer und Stromrichter zum Anschluß an vorhandene Drehstromnetze. Von Dr.-Ing. Ottomar Kasperowski, Reichsbahnrat und Leiter der Elektrotechnischen Versuchsanstalt der Reichsbahn in München.

IV. Elektrische Lokomotiven. Von Walter Kleinow, Regierungsrat a. D., Direktor der AEG Lokomotivfabrik Hennigsdorf.

V.) Die elektrische Lokomotiv-Ausrüstung. Ihre Systeme und ihre
VI.) Anwendungen im In- und Ausland. Von Prof. Dr.-Ing. Paul Müller, Bahnabteilung der Siemens-Schuckertwerke, Berlin-Siemensstadt.

VII. Elektrische und dieselelektrische Triebwagen. Von Friedrich Schlemmer, Reichsbahnoberrat a. D., Mitglied des Vorstandes und Leiter der Bahnabteilung der AG. Brown, Boveri & Cie. in Mannheim.

VIII. Straßenbahnen und Untergrundbahnen. Von Wilhelm Benninghoff, Mitglied des Vorstandes und Direktor der Berliner Verkehrs-Gesellschaft AG.

IX. Bergbahnen. Von Dr.-Ing. Kurt Hilsenbeck, Zugspitzbahn-AG., Garmisch.

Der Preis des Buches beträgt 8 RM, gebunden 10 RM. Bestellungen sind zu richten an den Verlag für Sozialpolitik, Wirtschaft und Statistik G. m. b. H., Berlin SW 68.

VDE-Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Köln.

Am 24. 4. 1936 trug Herr Dr. von Borries vor über Betriebserfahrungen mit Kathodenfallableitern. Überspannungsschäden infolge von Gewittern stellen einen namhaften Anteil der Gesamtstörungen eines Netzes dar. Schon früh bemühte man sich daher, Maßnahmen zur Bekämpfung solcher Gewitterüberspannungen zu treffen, ohne jedoch hinreichende Kenntnisse über die Natur der Gewitter zu haben. Daher konnten diese älteren Versuche nicht zum Ziele führen. Demgegenüber ergeben sich aus dem heutigen Stand der Kenntnis bestimmte Anforderungen an brauchbaren Überspannungsschutz, die von den neuzeitlichen Ventilableitern erfüllt werden. Da mehrere 10 000 solcher Ableiter in Deutschland z. T. schon seit 6 Jahren eingebaut sind, sind bereits Betriebserfahrungen gewonnen worden. Es hat sich herausgestellt, daß Ableiter nur dann mit Erfolg und ohne selbst zu Störungen Anlaß zu geben, arbeiten können, wenn sie gegen Witterungseinflüsse völlig geschützt sind und wenn sie hohen Entladungsströmen sowie auch einer gelegentlichen Erhöhung der normalfrequenten Betriebsspannung widerstehen können. Über das Maß der Störungsbegrenzung durch den Einbau von Ableitern liegen nach statistischen Untersuchungen sehr günstige Ergebnisse vor. Nach den Betriebserfahrungen ergeben sich Gesichtspunkte für den konstruktiven Aufbau und für die Bemessung bezüglich des Stromaufnahmevermögens und

Digitized by Google

der Widerstandsfähigkeit gegen Spannungserhöhungen. In beiden Richtungen sind Fortschritte zu verzeichnen. Die Gleichmäßigkeit der Geräte muß durch eingehende Prüfungen während der Fertigung gewährleistet werden. Die wichtigsten Eigenschaften der Ableiter, nämlich das Schutzvermögen und die Stromaufnahmefähigkeit werden durch Versuche mit einer Stoßbatterie für 200 000 V und einer anderen für 10 000 A nachgewiesen.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. Ludin †. — Am 14. 6. 1936 verschied plötzlich und unerwartet infolge Herzschlages der Oberingenieur und Bevollmächtigte der SSW, Berlin, Herr Adolf Ludin VDE im Alter von 54 Jahren. Er war am 25. 2. 1882 in Steinen, Amt Lörrach, geboren worden, legte in Karlsruhe sein Abitur ab und studierte Elektrotechnik an der T. H. München. Seine praktische Laufbahn begann er bei den Draht- und Kabelwerken Cassirer, Berlin, und trat nach dreijähriger Tätigkeit bei dieser Firma im September 1910 zu den SSW über. Hier widmete er sich von Anfang an ausschließlich der Kabeltechnik, insbesondere der Untersuchung und Weiterentwicklung von Kabeln für hohe und höchste Spannungen. Auf Grund der praktischen Versuche und der theoretischen Erkenntnis verbesserte A. Ludin die Herstellung der Massekabel, so daß diese auch für höhere Spannungen betriebssicher hergestellt werden konnten; er erkannte aber auch, daß Massekabel für die Übertragung von Höchstspannungen nicht in Betracht kommen und befaßte sich deshalb schon im Jahre 1925 mit dem Entwurf, der Herstellung und Untersuchung von ölimprägnierten Kabeln für Höchstspannungen. Unter seiner wissenschaftlichen und praktischen Anleitung entstand eine große Anzahl von Ölkabelanlagen für Spannungen bis 125 kV im In- und Ausland. Darüber hinaus arbeitete Adolf Ludin im Dienste der Allgemeinheit; er war Mitglied der VDE-Ausschüsse für Freileitungen und für Drähte und Kabel, die in ihm einen tüchtigen Mitarbeiter verloren haben.

Schon im Jahre 1921 wurde Obering. Ludin zum Leiter der gesamten Starkstrom-Prüf-, -Versuchs- und -Forschungsabteilungen des Siemens-Kabelwerkes sowie der Kabelmontageabteilung ernannt. Im Jahre 1935 feierte er sein 25jähriges Dienstjubiläum[1]). — Außer seinen hohen technischen Fähigkeiten besaß Herr Ludin vor allem auch beste menschliche Eigenschaften, die ihn bei seinen Arbeitskameraden in hohem Maße beliebt machten. Er ist weit über die Grenzen seines besonderen Arbeitsgebietes hinaus bekannt und von seinen Fachgenossen hoch geschätzt worden. Sein Tod bedeutet für die Kabeltechnik einen empfindlichen Verlust.

W. Mathiesen †. — Mit Dr.-Ing. E. h. Wilhelm Mathiesen VDE ist am 14. 6. 1936 wieder einer der Pioniere der Elektrotechnik dahingegangen. Als er im Jahre 1889 zusammen mit Max Körting die lichttechnische Spezialfabrik Körting & Mathiesen in Leipzig gründete, hatte er die elektrische Bogenlampe noch ganz als ein mechanisches Problem aufgefaßt. Das Aufkommen der Bogenlampenkohlen mit Leuchtzusätzen zwang ihn um die Jahrhundertwende, die leuchttechnische Seite des Problems in den Vordergrund zu stellen. Die neuen Bogenlampen strahlten ausgesprochen selektiv und lieferten sogar Lumineszenzlicht. Die Wien-Planckschen Strahlungsgesetze aber, die sich auf die von Lummer und seinen Mitarbeitern gewonnenen Beobachtungen am schwarzen oder grauen, nichtselektiven Strahler stützen, umfaßten die neuen Bogenlampen nicht mehr vollständig. An dieser Stelle setzten Mathiesens experimentelle und theoretische Untersuchungen ein. Besonders in der Frage der Druckbogenlampe führten sie zu Ergebnissen, die in starkem Gegensatze zu den optimistischen Lummerschen Deutungen standen. Die Hoffnung, mit der Druckbogenlampe die Sonnentemperatur zu erreichen oder gar zu übertreffen, war dadurch zwar vernichtet worden, aber der Mathiesen für diese Arbeiten von der T. H. Karlsruhe erteilte Ehrentitel des Doktor-Ingenieurs hatte ihm doch den Ansporn gegeben, die Bogenlampe liebevoll weiterzupflegen, obwohl sie durch die gasgefüllte Glühlampe bereits vollständig erledigt schien. Indem Mathiesen seine Erfahrungen auf die von Tito Livio Carbone erfundene Bogenlampe mit Salzkohlen und eingeschlossenem Lichtbogen übertrug, schuf er in der Dia-Carbone-Lampe ein Leuchtgerät, das hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Lichterzeugung und der günstigen Lichtverteilung für die allgemeine Straßenbeleuchtung mit allen nicht-monochromatischen Lichtquellen wettbewerbsfähig ist.

W. Mathiesen †.

Nur die nordische Zähigkeit Mathiesens, sein Glaube an die Bogenlampe und seine unversiegbare Arbeitskraft konnten dieses Ergebnis in einer Zeit erzwingen, in der alle Welt die Bogenlampe nur noch als einen Lichterzeuger für Sonderzwecke ansieht. Aber Mathiesen war doch auch nicht einseitig verbissen in seine Lieblingsaufgabe. Bis in seine letzten Tage hinein arbeitete er noch schöpferisch weiter an seiner therapeutisch wirkungsvollen Bogenlichtsonne. Sein Dahinscheiden ist ein schmerzlicher Verlust, aber sein Andenken wird in Wissenschaft und Technik weiterleben. *lx.*

Nikola Tesla.

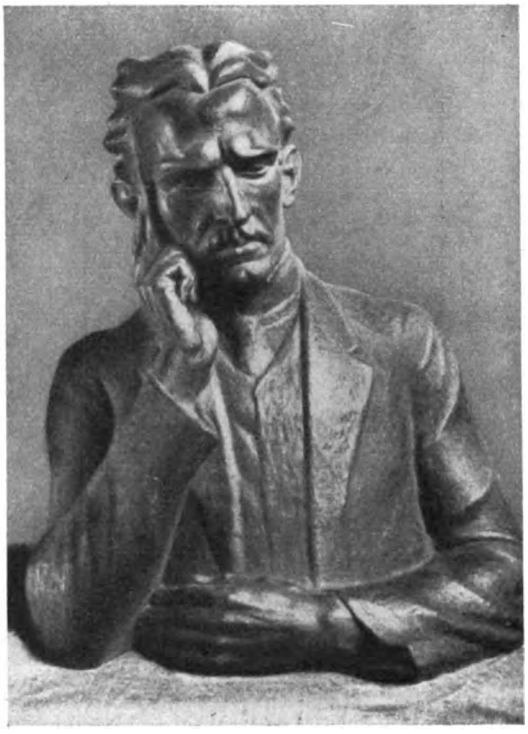
Am 10. Juli d. J. vollendet Nikola Tesla sein 80. Lebensjahr. Er gehört zu den Pionieren der Elektrotechnik, verdanken wir ihm doch grundlegende Entdeckungen und Erfindungen auf dem Gebiete der Drehstrom- und der Hochfrequenztechnik. Infolge seiner persönlichen Bescheidenheit lebt Tesla, der jetzigen Generation von Elektrotechnikern schon beinahe unbekannt, unter einfachen Verhältnissen in New York, weil er nur auf die wissenschaftliche und technische Lösung seiner Probleme bedacht war, die wirtschaftliche Auswirkung anderen überließ und Einnahmen aus seinen Erfindungen stets zu weiteren und vielfach kostspieligen Versuchen verwendete. Wenn auch seine grundlegenden Erfindungen hauptsächlich aus den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts stammen, so beschäftigt er sich heute noch mit Aufgaben, die der weiteren Beherrschung der Materie durch die Menschheit dienen.

Nikola Tesla wurde am 10. 7. 1856 als Sohn eines Geistlichen auf einem Dorfe bei Gospić im jetzigen Jugoslawien geboren. Der kränkliche, phantasievolle und für Naturwissenschaften begeisterte Jüngling entschied sich gegen den Wunsch seiner Familie, Geistlicher zu werden, auf der Technischen Hochschule in Graz Ingenieurwissenschaften zu studieren. Hier packte ihn schon das Problem, einen Motor ohne Stromwender und Bürsten herzustellen. Erst nach mehrjähriger Arbeit in Budapest, Paris und New York konnte er 1887 in einer eigenen kleinen Gesellschaft den Drehstrommotor bauen. Tesla übersah klar die Vorteile eines Drehstrommotors und überwand mit Energie alle entgegenstehenden Schwierigkeiten. Unabhängig davon hat Ferraris Anfang 1888 mit Zweiphasenstrom

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 1401; an dieser Stelle brachten wir auch ein Bild des Verstorbenen.

Digitized by Google

auch ein Drehfeld hergestellt, hatte aber zu der technischen Anwendung seines Zweiphasenmotors kein großes Vertrauen. George Westinghouse übernahm die Patente Teslas, und so kam es 1891 zu den ersten Mehrphasen-Wechselstromzentralen an den Niagarafällen; auch für die Kraftübertragung Lauffen—Frankfurt a. M. wählte man das Teslasche Drehstromsystem. Hierzu gehörten nicht allein die Drehstromerzeuger und Motoren, sondern auch die Leitung mit nur drei Drähten. Durch diese Tat wurde die Kraftübertragung mit Drehstrom erst möglich und damit die weitere Entwicklung der Wechselstromtechnik begünstigt. Aber nicht nur die Entdeckung



Nikola Tesla *).

des Drehfeldes und seine technische Anwendung verdanken wir Tesla, auch auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik liegen eine Fülle grundlegender Erfindungen von ihm vor, welche heute Gemeingut der Hochspannungstechnik und auch vielfach der drahtlosen Nachrichtentechnik sind. Seine Erfindungen gab Tesla durch Patente und durch Vorträge bekannt, von denen die Anfang der neunziger Jahre in England, Frankreich und Amerika gehaltenen ihm Weltruf verschafften. Bei der Fülle der Gedanken und Vorschläge in seinen Patenten müssen wir uns hier kurz fassen und uns auf das beschränken, was praktisch ausgeführt wurde. Wir geben hierfür einige Stichworte an: Steigerung der Spannung von 500 kV im Jahre 1891 auf mehrere Millionen Volt 1899, wobei es sich um hochfrequenten Strom handelte. Öltransformator, gute Entgasung durch Evakuieren. Erzeugung von hochfrequenten Schwingungen von 10^4 bis $2 \cdot 10^6$ Hz durch Maschinen, Lichtbogen (mit Quermagnetfeld und Gasatmosphäre), Funkenstrecken (rotierende, in Reihe geschaltete, durch Gas und Druckgas gelöschte), Verwendung von Kupferlitze und Kupferrohren für Hochfrequenzströme, Ölkondensatoren, Induktorbetrieb mit Flüssigkeits-, besonders Quecksilberunterbrechern, Ausnutzung der Resonanz, Benutzung von Luftleitern und Erde für den stark strahlenden Kreis, Kopplung mit dem Schwingungskreis im Sender und Empfänger, Einstellung loser Kopplung zur Erzielung guter Selektivität und schwachgedämpfter Wellenzüge, Flachspulen, Abstimmung der Luftleiter auf $\lambda/4$, Metallschmelzen mit Hochfrequenz, Anwendung der hochfrequenten und hochgespannten Ströme für medizinische Zwecke, Versuche zur Luftstickstoffgewinnung und Ozonbildung durch Lichtbogen; Fernlenkboot (1898), elektrisch angetrieben mit einer Reihe von Relaiskreisen, auf bestimmte Wellenlängen ansprechend, zur Durchführung der einzelnen Kommandos; Verbesserung der Beleuchtung durch Metalloxydfäden und Gasentladungslampen; drahtlose Energieübertragung (1899) zum Betrieb von Glühlampen und Elektromotoren auf 20 km Entfernung; drahtlose Signalübermittlung mit Langwellen und Energien bis 200 kW über 1000 km mit Gleichrichtung im Empfänger.

Wir sehen, daß viele Dinge, die uns heute so selbstverständlich zum Rüstzeug der Elektrotechnik und der Hochfrequenztechnik gehören, daß wir sie mit keinem Namen belegen, eigentlich mit dem Teslas in Verbindung gebracht werden müßten, daß die Bezeichnung eines Transformators bestimmter Bauart und Hochfrequenzströme bestimmter Art mit seinem Namen eigentlich zu eng und dürftig ist. Daß Tesla sehr weitschauend bei seinen Versuchen und Vorträgen war, können wir daraus ersehen, daß er um die Jahrhundertwende die drahtlosen Stationen nicht nur zur Nachrichtenübermittlung benutzen wollte, sondern das erstrebte, was jetzt erst nach der weiteren Vervollkommnung der Funktechnik durch die Elektronenröhren eingeführt worden ist, nämlich die Übertragung von Vorträgen und Musik, Zeitdienst, Schiffswarndienst, telephonische Verbindung zwischen Fernsprechteilnehmern an weit entfernten Orten der Erde, Bildübertragung. Nach diesen grundlegenden Arbeiten Teslas für die Elektrotechnik ist es eine verdiente Ehrung des greisen Erfinders, wenn zu seinem 80. Geburtstage in seinem Heimatlande in Belgrad ein großes elektrisches Forschungsinstitut neu eingeweiht und mit seinem Namen verbunden wird. *Lü.*

*) Nach einer Bronzebüste des jugoslawischen Bildhauers Fran Menegelo-Dinčlć. S. Bokšan: Nikola Tesla und sein Werk, Leipzig-Wien-New York: Deutscher Verlag für Jugend und Volk 1932.

SCHRIFTTUM.

Eingänge.

Bücher.

Die Getriebe der Werkzeugmaschinen. 1. Teil: Aufbau der Getriebe für Drehschwingungen. Von Studienrat Dipl.-Ing. H. Rögnitz. Heft 55 der „Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter". Mit 150 Abb., 3 Tabellen u. 64 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 2 RM.

[Das Büchlein, das erste von drei in sich abgeschlossenen Teilen, behandelt den Aufbau der Getriebe für gleichmäßige Drehbewegungen im Betrieb und Abtrieb, und zwar Getriebe mit einer Enddrehzahl, mit mehreren Enddrehzahlen und Getriebe mit stufenlosem Regelbereich. Die Darstellung ist knapp aber übersichtlich und wird durch gutes Bildmaterial unterstützt.]

Bezugsquellenverzeichnis.

Anfragen, denen Rückporto nicht beigefügt ist, bleiben unbeantwortet. Die Anfragen sind an die Wissenschaftliche Leitung der Elektrotechnischen Zeitschrift, Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zu richten.

Frage 54. Wer ist Hersteller des „Platiniums"? Platinium ist ein gezogenes Metall zur Befestigung von Kontaktfedern.

Frage 55. Wer ist Hersteller elektrischer Viehtreiberstäbe?

Berichtigung.

Im Abschnitt „Elektrowärmetechnik" in Heft 27 auf S. 779 soll die Fußnote [6]) wie folgt lauten: [6]) Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 192.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955,56.

Abschluß des Heftes: 3. Juli 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 16. Juli 1936** **Heft 29**

Die Abhängigkeit der Strahlungsverluste von Höchstspannungsleitern von der Luftdichte.

Von **Ulrich Müller VDE**, Berlin.

621. 315. 1. 014. 4

Übersicht. Der Einfluß der Luftdichte auf Beginn und Verlauf der Entladungserscheinungen und der Strahlungsverluste von Höchstspannungsleitern wird untersucht.

1. Einleitung.

Die Koronaverluste von Hochspannungsfreileitungen sind in weiten Grenzen von den atmosphärischen Verhältnissen abhängig, wobei auch die Luftdichte erheblichen Einfluß hat. Je geringer diese ist, um so größer sind die Koronaverluste und bei um so niedrigeren Spannungen setzen sie ein. Bei einer Höhe von 3000 m ü. M. sinkt die Luftdichte entsprechend einem Luftdruck von 525 Torr[1]) auf etwa 0,7. Die Korrektur, die die Abnahme der mittleren Jahrestemperatur mit der Höhenlage berücksichtigt, ist demgegenüber ohne praktische Bedeutung. Um für große Seile die Abhängigkeit der Verluste von dem Luftdruck und die Übereinstimmung mit den Peekschen Formeln[2]) genauer kennenzulernen, wurden Versuche bei verminderten Drucken bis zu 350 Torr herunter vorgenommen. Sie stellen die Fortsetzung und Erweiterung einer Versuchsreihe von Draeger[3]) dar, die bereits Abweichungen von den Peekschen Gesetzen ergeben hatte.

2. Versuchsaufbau.

Bei den Versuchen, die in dem Hochspannungsversuchsfeld der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal AG., Selb, stattfanden, wurden die Seile in einem 12 m langen Dampfkessel von 2,40 m Dmr., in dem die Luftdichte weitgehend verändert werden konnte, ausgespannt und die Verluste in der Schering-Brücke mit einem Vibrationsgalvanometer als Nullinstrument gemessen[4]). Dabei wurde größter Wert auf die Wiederholbarkeit der Meßergebnisse gelegt, um praktisch brauchbare Zahlen zu erhalten. Es mußte daher jeder störende Einfluß ausgeschaltet oder berücksichtigt werden. So können z. B. die Ableitungskapazitäten stören oder ein Durchhängen der schweren Seile. Die Oberspannung des Transformators wurde bei angeschlossenem Luftkondensator und Versuchskessel mit der Funkenstrecke bestimmt und durch Änderung der Erregung des speisenden Generators über den ganzen Regelbereich sauber sinusförmig gehalten. Mit besonderer Sorgfalt wurden die Seile vor der Messung hergerichtet. Nach dem Aufhängen in dem Kessel wurden sie mit Bürsten und Leinenlappen gesäubert, mit Seidenpapier nachgerieben und, um ein Durchhängen und Aufkorben zu vermeiden, durch eine Schraubverbindung straff gespannt. Die noch zurückgebliebenen Fremdkörper wurden unter hohen Spannungen bei starken Entladungserscheinungen so lange abgebrannt, bis die Meßergebnisse jederzeit wiederholbar waren. Hierzu erwies sich etwa 1 h stets als ausreichend. Nach dem Druck- und Temperaturausgleich konnte dann gemessen werden.

Die Versuchsergebnisse sind sämtlich auf eine Temperatur von 20 ° C und auf ein Dreiphasensystem im gleichseitigen Dreieck mit 8 m Seilabstand bezogen. Eine derartige Umrechnung ist nach Untersuchungen von Potthoff[5]) zulässig. Für einen anderen Seilabstand ist jeweils die Spannung mit einem Faktor f von der Größe

$$f = \frac{\ln \frac{a}{r}}{\ln \frac{800}{r}}$$

zu multiplizieren. Dabei ist a der Seilabstand und r der Seilradius in cm.

Zur Auswertung der Meßergebnisse ist es erforderlich, den Einsatzpunkt der Koronaerscheinungen und den Verlauf der Verluste getrennt zu betrachten. Um einen kritischen Vergleich mit den Peekschen Gesetzen zu ermöglichen, seien diese zuvor zusammengestellt.

3. Die Gesetze von Peek.

Für den Verlauf der Koronaverluste fand Peek empirisch die Beziehung

$$N = \frac{244}{\delta}(f + 25)\sqrt{\frac{r}{a}}\,(U - U_0)^2 \cdot 10^{-5} \qquad (1)$$

in kW je km und Leiter.

Hierin bedeutet δ die Luftdichte, f die Frequenz, U die Betriebsspannung gegen Erde und U_0 die Spannung, bei der an der Leiteroberfläche die Stoßionisation beginnt. Für U_0 (effektiv) gibt Peek an:

$$U_0 = 21{,}1\, m_0\, r\, \delta \ln \frac{a}{r} \text{ in kV gegen Erde.} \qquad (2)$$

Darin ist m_0 ein Reduktionsfaktor, der der Beschaffenheit der Seiloberfläche Rechnung trägt. Für glatte Drähte und Rohre ist $m_0 = 1$, für rauhe Drähte und Seile ist $m_0 < 1$. Für die Luftdichte gilt:

$$\delta = \frac{298 \cdot b}{(273 + t) \cdot 760} = 1 \text{ für } b = 760 \text{ Torr und } t = 25° \text{ C.} \qquad (3)$$

Die Peeksche Verlustformel (1) hat jedoch nur oberhalb des Punktes Gültigkeit, bei dem sichtbares Glimmen auftritt. Der Betriebspunkt der Leitungen muß aber wegen der Koronaverluste unterhalb der Glimmgrenze liegen. Peek ermittelte als den Scheitelwert der Feldstärke für die Anfangsspannung des sichtbaren Glimmens:

$$\mathfrak{E}_a = 29{,}8 \cdot \delta \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta\, r}}\right) \text{ in kV cm.} \qquad (4)$$

Die Feldstärke $\mathfrak{E}_a$ ist also von dem Leiterradius abhängig. Der effektive Grenzwert der Anfangsspannung

[1]) 1 Torr entspricht dem Druck 1 mm Qu.-S.

[2]) Peek, Dielectric phenomena in high voltage engineering, 3. Aufl., New York: McGraw Hill Book Cie. 1929.

[3]) Draeger, VDE-Fachberichte 1931, S. 92.

[4]) Wie Fußnote 3.

[5]) Potthoff, ETZ 54 (1933) S. 169.

Digitized by Google

U_a, gegen den Nullpunkt gemessen, bei der das sichtbare Glimmen einsetzt, ist dann:

$$U_a = 21{,}1 \cdot m_0 \, r \, \delta \ln \frac{a}{r} \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta \, r}}\right) \text{ in kV.} \qquad (5)$$

Die Glimmspannung liegt also höher als die Spannung der beginnenden Stoßionisation, die man auch als die kritische oder ideelle Koronaspannung bezeichnet. Glimmen tritt erst auf, wenn sich die Ionisierung über einen gewissen Bereich erstreckt, der durch das letzte Glied der Gl. (5) gekennzeichnet ist. Jedoch fließt bereits vor dem sichtbaren Glimmen ein dunkler Vorstrom, der Verluste verursacht. Auch infolge der Oberflächenbeschaffenheit der Leiterseile treten trotz ihrer Berücksichtigung durch den Reduktionsfaktor m_0 nicht nur unterhalb von U_a, sondern häufig auch unterhalb U_0 meßbare Verluste auf, deren Größe erhebliche praktische Bedeutung hat. Bei der kritischen Betrachtung der nachfolgenden Meßergebnisse gilt daher diesen Anfangsverlusten besondere Aufmerksamkeit.

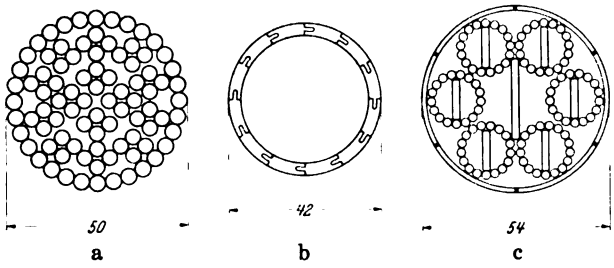
4. Meßergebnisse.

Untersucht wurden 14 verschiedene Seile, deren Daten in Zahlentafel 1 zusammengestellt sind. Die Seile können

Zahlentafel 1. Aufbau der Seile.

Seil Nr.	Anzahl der Leiter insgesamt	Anzahl der Leiter d. Decklage	Dmr. in mm der Leiter	Dmr. in mm des Seiles	Nennquerschnitt mm²	Seilfaktor m_0	Bemerkungen
			a) Kupfer-Vollseile				
1	7	6	1,7	5,1	16	0,80	
2	7	6	2,1	6,3	25	0,80	
3	19	12	1,8	9,0	50	0,86	
4	19	12	2,1	10,5	70	0,84	
5	37	18	2,25	15,8	150	0,82	
6	37	18	2,8	19,6	240	0,77	
7	51	23	2,8	rd. 25	rd. 300	0,83	
8	88	32	4,0	„ 50	„ 850	0,59	s. Abb. 1a
9	182	49	3,5	„ 60	„ 1750	0,62	
			b) Kupfer-Hohlseile				
10	9	9	—	32,0	240	0,87	
11	12	12	—	42,0	400	0,89	s. Abb. 1b
			c) Aldrey-Litzenhohlseile				
12	96	—	2,3	rd. 41	400	0,71	
13	96	—	2,3	„ 46	400	0,55	mit Blechband
14	102	—	2,3	„ 54	—	0,50	mit Blechband; s. Abb. 1c

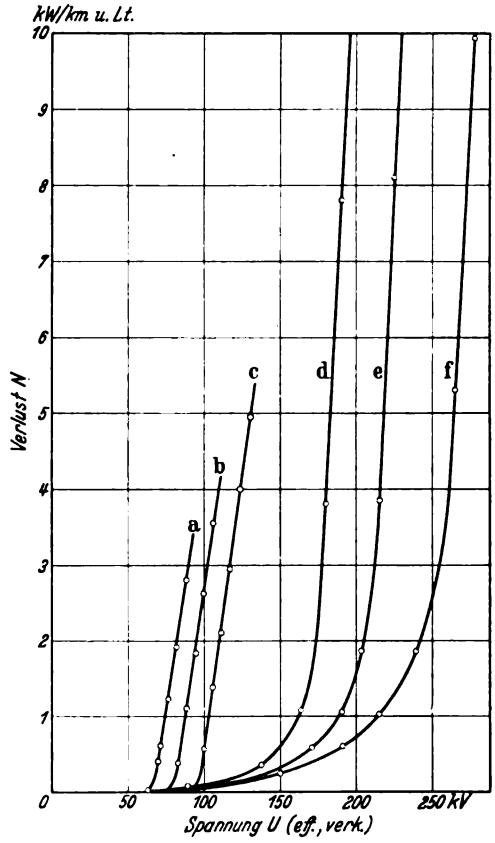
in drei verschiedene Gruppen zusammengefaßt werden. Die eine bilden die Kupfervollseile (Abb. 1 a), die zweite die Kupferhohlseile (Abb. 1 b) und die dritte die Aldrey-Litzenhohlseile (Abb. 1 c).



a Kupfer-Vollseil Nr. 8
b Kupfer-Hohlseil Nr. 11
c Aldrey-Litzenhohlseil Nr. 14, mit Blechbandumwicklung

Abb. 1. Aufbau und Querschnitt der Seilgruppen.

Abb. 2 zeigt die Verluste an zwei Kupfervollseilen in Abhängigkeit von der effektiven Spannung für verschiedene Barometerstände. Von den je Seil insgesamt aufgenommenen Kurven sind in dieser und den folgenden Abbildungen nur einige wenige wiedergegeben. Bei einer vergleichenden Betrachtung aller Runddraht-Seile ergibt sich die bemerkenswerte Erscheinung, daß die Verluste bei den Seilen kleinen und mittleren Durchmessers sehr viel schärfer einsetzen als bei solchen großen Durchmessers. Bei den dünneren Seilen treten die Entladungserscheinungen über die ganze Länge hin gleichzeitig und gleichmäßig auf, bei den dickeren dagegen beginnen einzelne Punkte sehr frühzeitig zu glimmen, lange bevor die theoretische Glimmfeldstärke erreicht ist. Die starken Seile verhalten sich also in dieser Hinsicht wesentlich ungünstiger als die schwachen, denn gerade der Einsatzpunkt des Glimmens ist für den praktischen Betrieb von Wichtigkeit. Sollen z. B. überhaupt keine Verluste zugelassen werden, so kann bei dünnen Seilen mit der Spannungsbeanspruchung wesentlich näher an die theoretische Glimmspannung herangegangen werden als bei dicken.



Kupfer-Vollseil Nr. 1 (5,1 mm Dmr.)	Kupfer-Vollseil Nr. 6 (19,6 mm Dmr.)
a 422 Torr	*d* 431 Torr
b 564 „	*e* 557 „
c 750 „	*f* 742 „

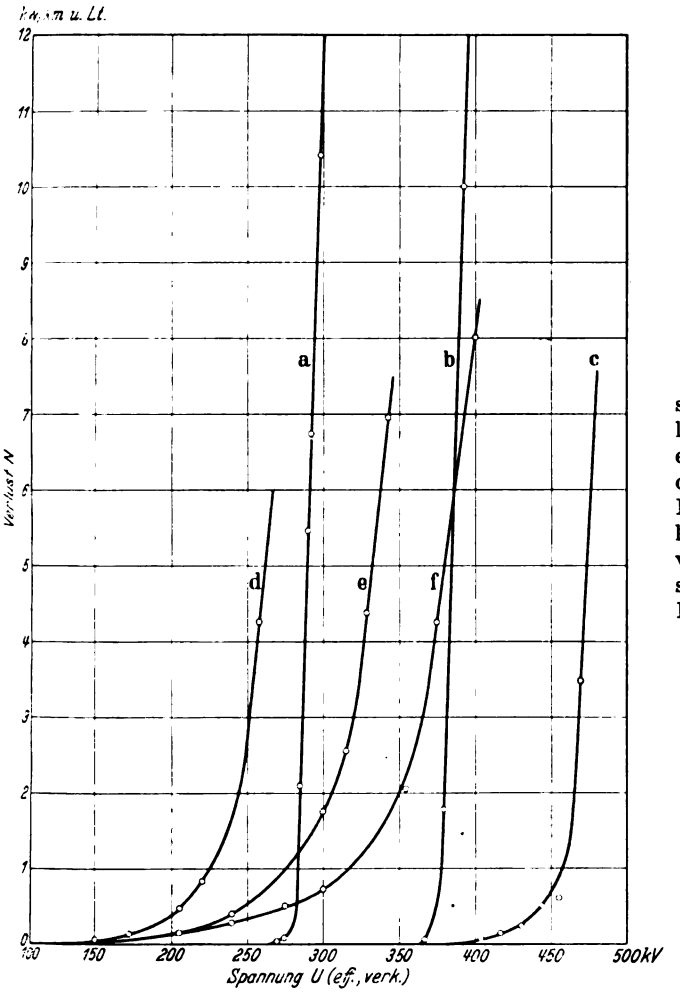
Abb. 2. Verluste an Kupfer-Vollseilen in Abhängigkeit der Spannung bei verschiedenen Luftdrucken.

Beispiele für die Verlustkurven der anderen Seilbauarten gibt die Abb. 3. Auffallend ist das späte Einsetzen und der schroffe Anstieg der Verluste an dem Kupferhohlseil, was auf dessen günstiges Profil zurückzuführen ist. Seine glatte Oberfläche bietet nur wenige Ansatzpunkte, so daß ein vorzeitiges Sprühen weitgehend vermieden wird. Sehr viel ungünstiger ist in dieser Hinsicht das blechbandumwickelte Aldreyseil, bei dem die Verluste trotz des größeren Seildurchmessers bei sehr viel niedrigeren Spannungen als bei dem glatten Kupferseil beginnen. Was das Blechband an Unebenheiten verdeckt, wird durch seine scharfen Kanten wieder verdorben. Das Aldreyseil ohne Blechband (Nr. 12) hat sehr viel geringere Verluste als dasselbe Seil mit Blechbandumwicklung (Nr. 13). Der Verlauf der Verlustkurven dieser beiden Seile und auch der großen Kupfervollseile von 50 und 60 mm Dmr. ist ähnlich dem der Kurven für die Seile Nr. 6 und 14 in Abb. 2 und 3.

Der Einfluß der Luftdichte ist dadurch gekennzeichnet, daß die Verlustkurven in ihrem oberen Teil bei gleichen Druckunterschieden um gleiche Spannungsbeträge seitlich verschoben sind. Die Anfangsverluste dagegen sind bei geringen Drucken verhältnismäßig kleiner als bei hohen Drucken. Besser geht dies aus Abb. 4 hervor. Für große Verluste (5 und 10 kW/km) ändert sich die zu-

Digitized by Google

gehörige Spannung über den ganzen Druckbereich linear mit der Luftdichte, für die Anfangsverluste (0,5, 1,25 und 2,5 kW/km) biegen jedoch die Kurven bei größeren Luftdichten auf niedrigere Spannungswerte ab. Insbesondere wegen dieses Verhaltens der für den praktischen Betrieb so wichtigen Anfangsverluste ist es nicht möglich, eine allgemein gültige Beziehung für die Umrechnung einer bei $\delta = 1$ aufgenommenen Verlustkurve für andere Luftdichten aufzustellen.



Kupfer-Hohlseil Nr. 11 (42 mm Dmr.)		Aldrey-Litzenhohlseil Nr. 14 (54 mm Dmr.)	
a	360 Torr	*d*	365 Torr
b	510 „	*e*	548 „
c	686 „	*f*	688 „

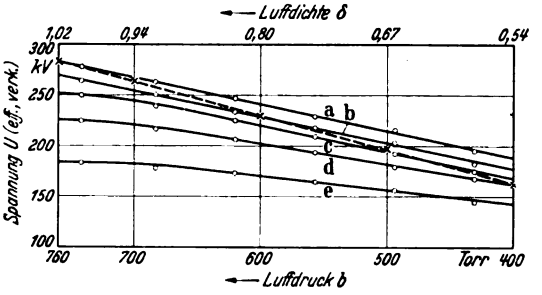
Abb. 3. Verluste an Hohlseilen in Abhängigkeit der Spannung bei verschiedenen Luftdrucken.

Zum Vergleich mit den Peekschen Angaben ist für die Kurve *a* ($N = 10$ kW/km u. Lt. = konst.) die Spannung eingetragen (×), die sich aus Anwendung der Gl. (1) ergibt. Dabei wurden gleiche Spannungswerte für $b = 760$ Torr, $t = 20\,^\circ$ C zugrunde gelegt. Das Seil verhält sich demnach bei geringen Drucken günstiger, als nach Peek zu erwarten wäre. Verluste von 10 kW/km treten bei 400 Torr nach Peek bereits bei einer Betriebsspannung von 162 kV auf, nach den vorliegenden Meßergebnissen aber erst bei einer um 16 % höheren Spannung, bei 187 kV.

Abb. 5 stellt die Verluste desselben Seiles in Abhängigkeit vom Luftdruck für verschiedene konstante Betriebsspannungen dar.

5. Die Glimmanfangsspannung.

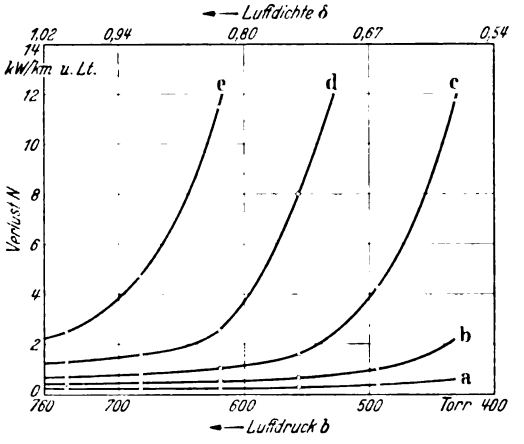
Die Peeksche Gl. (5) für die Glimmanfangsspannung wurde durch Beobachtung überprüft. Durch ein Schauloch in der Mitte der Kessellängsseite konnten 3 m des ausgespannten Seiles gut übersehen werden. Der qualitative und quantitative Verlauf der Leuchterscheinungen wurde genau verfolgt und photographisch festgehalten. Kurve *a* in Abb. 6 zeigt für das Kupfervollseil von 20 mm Dmr. die so ermittelte Glimmanfangsspannung in Abhängigkeit vom Luftdruck und zum Vergleich die Glimmanfangsspannung nach Peek [Gl. (5)] mit $m_0 = 77$. Die Glimmanfangs-



a	10,0	kW/km u. Lt. = konst.
b	5,0	kW/km u. Lt. = konst.
c	2,5	kW/km u. Lt. = konst.
d	1,25	kW/km u. Lt. = konst.
e	0,5	kW/km u. Lt. = konst.
×	10,0	kW/km u. Lt. nach Peek [Gl. (1)] = konst.

Abb. 4. Abhängigkeit der Spannung vom Luftdruck für konstante Verluste an dem Kupfer-Vollseil Nr. 6 (19,6 mm Dmr.).

spannung fällt in dem untersuchten Druckbereich zwar linear mit dem Druck, aber langsamer als nach Peek zu erwarten wäre. Es ist bemerkenswert, daß auf dem Wege der Beobachtung der ersten Leuchterscheinung dasselbe Ergebnis gefunden wurde wie durch die Messung der Verluste. Auch für alle anderen Seile führt die Auswertung von Messung und Beobachtung übereinstimmend zu demselben Ergebnis, das hierdurch Gesetzmäßigkeit erlangt. Es erscheint angebracht, diese genauer festzulegen.



a	150 kV (eff., verk.) = konst.	*d*	225 kV (eff., verk.) = konst.
b	175 kV (eff., verk.) = konst.	*e*	250 kV (eff., verk.) = konst.
c	200 kV (eff., verk.) = konst.		

Abb. 5. Abhängigkeit der Verluste an dem Kupfer-Vollseil Nr. 6 (19,6 mm Dmr.) vom Luftdruck für verschiedene Betriebsspannungen.

Die Peeksche Gl. (5) ergibt für die Luftdichte $\delta = 1$ bei Einsetzen des genauen Seilfaktors richtige Werte für die Glimmanfangsspannung U_a, bei Luftdichten $\delta < 1$ aber zu ungünstige, da zu niedrige Werte. Eine sehr gute Übereinstimmung findet man jedoch bei der Rechnung nach folgender empirischen Gleichung für den Scheitelwert der Feldstärke $\mathfrak{E}_a$ der Glimmanfangsspannung:

$$\mathfrak{E}_a = 29{,}8 \cdot \delta \left(1 + \frac{0{,}301}{\delta \sqrt{r}}\right) \text{ in kV/cm}, \qquad (6)$$

wobei wiederum δ den Wert der Gl. (3) hat.

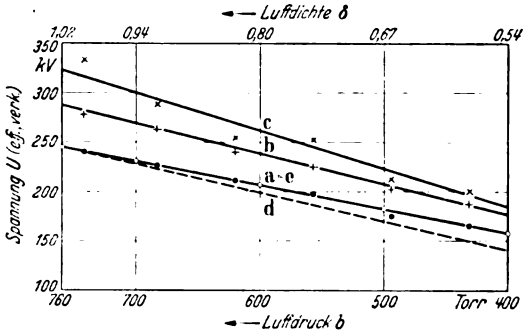
Für den Effektivwert der Anfangsspannung des sichtbaren Glimmens gilt dann:

$$U_a = 21{,}1 \cdot m_0 \, r \ln \frac{a}{r} \left(\delta + \frac{0{,}301}{\sqrt{r}}\right) \text{ in kV}. \qquad (7)$$

In Abb. 6 ist die nach Gl. (7) errechnete Glimmanfangsspannung als Kurve *e* eingetragen. Sie deckt sich mit der beobachteten Glimmanfangsspannung (Kurve *a*)

Digitized by Google

über ihren ganzen Verlauf. Bei allen Kupfervollseilen von 5 bis 25 mm Dmr. fallen die beobachteten und die nach Gl. (7) berechneten Werte sehr genau zusammen, ebenso bei dem Aldreyvollseil Nr. 12, 41 mm Dmr. Etwas weniger gut ist die Übereinstimmung bei den übrigen Seilen sehr großer Durchmesser. Doch dürfte dies auf das Streuen der beobachteten Werte bei diesen Seilen zurückzuführen sein. Die Kurven nach Gl. (7) liegen auch hier noch günstiger als die Peekschen.



- • *a* Glimmanfangsspannung U_a
- \+ *b* Spannung der ausgeprägten Fackeln
- × *c* Spannung der ausgeprägten Stielbüschel
- – – *d* Glimmanfangsspannung U_a nach Peek [Gl. (5)]
- ○ *e* Glimmanfangsspannung U_a nach Gl. (7)

Abb. 6. Abhängigkeit der Leuchterscheinungen vom Luftdruck an dem Kupfer-Vollseil Nr. 6 (19,6 mm Dmr.).

Was hier für den Verlauf der Verluste und der Glimmanfangsspannung festgestellt wurde, daß sich nämlich diese mit dem Luftdruck langsamer ändern, als den Peekschen Gleichungen entspricht, haben Hegy und Dunlap[6]) für die kritische Koronaspannung an einem glatten Draht erhalten. Sie untersuchten einen solchen von 6,5 mm Dmr. in einem Druckbereich von 760 bis 500 Torr und fanden, daß die Abnahme der kritischen Koronaspannung mit dem Luftdruck diesem nicht direkt, sondern nur mit 70 bis 80 % der Luftdruckänderung proportional ist. Ein derartiger Prozentsatz läßt sich auch für die Glimmanfangsspannung angeben. Er beträgt, in Prozent ausgedrückt,

$$p = \frac{100}{1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{r}}}, \qquad (8)$$

ist also von dem Seilradius abhängig. Für $r = 0{,}2$ cm wird $p = 60$ % und für $r = 2{,}0$ cm wird $p = 82{,}4$ %. Nimmt z. B. der Luftdruck um 21 % auf 600 Torr ab, so beträgt die Abnahme der Glimmanfangsspannung nur $21 \cdot 0{,}824 = 17{,}3$ %.

Für jede rechnerische Erfassung nach einer der obigen Gleichungen ist ferner die Kenntnis des Seilfaktors m_0 wesentlich. Peek gibt ihn für Seile aus sieben Drähten mit $m_0 = 0{,}83$ bis $0{,}87$ an. Für die untersuchten Leiter wurde m_0 experimentell aus der beobachteten Glimmanfangsspannung bestimmt. Die Geraden der Anfangsspannung U_a in Abhängigkeit von dem Barometerstand schneiden auf der Ordinate für $\delta = 1$ den Wert U_{a_1} ab. Dividiert man den so gefundenen U_{a_1}-Wert durch den nach Gl. (7) mit $m_0 = 1$ und $\delta = 1$ errechneten, so erhält man m_0. Die in dieser Weise ermittelten Seilfaktoren sind in Spalte 7 der Zahlentafel 1 eingetragen. Zur Bestimmung des Seilfaktors würde auch die Aufnahme des Punktes U_{a_1} allein genügen, indessen werden durch die Berücksichtigung der Geraden durch alle Meßpunkte Beobachtungsungenauigkeiten ausgeglichen. Es werden insbesondere für die großen Seile nur so die richtigen Seilfaktoren erhalten.

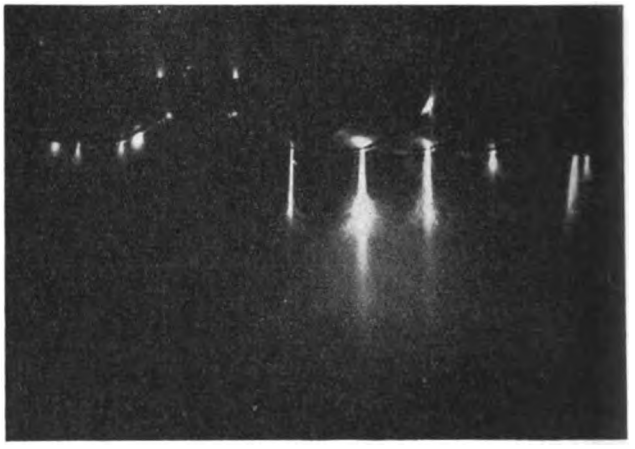
Eine andere Möglichkeit der experimentellen Bestimmung des Seilfaktors besteht in der Darstellung des Wurzelwertes der Verluste über der Spannung[7]), die hier jedoch nicht brauchbar war, da sich genügend hohe Verlustwerte mit dem Vibrationsgalvanometer nicht mehr abgleichen ließen. Potthoff[8]) fand auf diese Weise für ein gealtertes Kupfervollseil (70 mm²) $m_0 = 0{,}849$. Das Seil entspricht dem untersuchten Seil Nr. 4, für das der Seilfaktor mit $m_0 = 0{,}84$ ermittelt wurde.

Die Seilfaktoren sind ein Maß für die Verschlechterung des betreffenden Seiles gegenüber einem glatten Rohr und bis zu einem gewissen Grad auch für die Höhe der Anfangsverluste, die vor dem Erreichen der theoretischen Glimmfeldstärke bereits vorhanden sind.

6. Die Leuchterscheinungen.

Die verschiedenen Seile zeigen ihrer Art nach sehr verschiedene Sprüherscheinungen. Bei den Seilen von 5 und 6 mm Dmr. bemerkt man als erstes schwache, kleine Leuchtpunkte. Mit zunehmender Spannung wachsen sie sehr gleichmäßig an Zahl und Helligkeit. Es bestehen dann einige größere, helle, feste Leuchtpunkte und neben diesen schwächere, intermittierende, die den Eindruck des Flimmerns hervorrufen. Außerdem scheint eine gleichmäßige Glimmhülle vorhanden zu sein.

Bei den stärkeren Seilen (9, 11, 16 mm Dmr.) setzt sehr bald nach den ersten Leuchtpunkten an einzelnen Stellen ein sanftes Sprühen ein. Aus kurzem Schaft wächst ein gleichmäßiger, kurzer Lichtkegel. Mit steigender Spannung wird das Gesamtbild lebhafter und unruhiger. Die Leuchtpunkte wachsen zu kurzen Fackeln, die teilweise an bevorzugten Stellen mit jeder Periode neu zünden, teilweise aber auch nur hier und da vorübergehend aufleuchten. Sie scheinen zu tanzen oder zu wandern, was Potthof und Mathiesen[9]) mit der Wasserhauttheorie erklären.



b = 350 Torr U = 280 kV (eff., verk.) Belichtungszeit 30 s

Abb. 7. Leuchterscheinungen an dem Aldrey-Litzenhohlseil Nr. 13 (46 mm Dmr.)

Bei den großen Seilen tritt zuerst an vereinzelten Stellen ein kurzzeitiges Sprühen auf, das mit wachsender Spannung beständiger wird und auch an anderen Ansatzpunkten beginnt. Gleichzeitig oder sogar erst etwas später sind die ersten festen Leuchtpunkte zu erkennen. Die sprühenden Stellen wachsen mit der Feldstärke teils zu Fackeln, teils aber auch zu festen oder intermittierenden Stielbüscheln. Diese sind durch einen sehr ausgeprägten langen Schaft gekennzeichnet, der dann in zahlreichen Verästelungen auseinanderstrebt. Abb. 7 zeigt Leuchterscheinungen dieser Art an dem blechbandumwickelten Aldrey-Litzenhohlseil Nr. 13 bei einem Druck von 350 Torr. Büschel und Schaft der Stielbüschel rechts von der Bildmitte sind deutlich zu unterscheiden; ganz links sind Leuchtpunkte und Fackeln sichtbar. Von einer Glimmhülle ist nichts mehr zu bemerken. Der Übergang von den Leuchtpunkten zu den Fackeln und vom Sprühen zu den Stielbüscheln erfolgt allmählich, so daß eine kritische Spannung der beginnenden Fackeln oder Stielbüschel schwierig festzustel-

[6]) Hegy u. Dunlap, Electr. Engng. 53 (1934) S. 272.
[7]) Weidig u. Jaensch, ETZ 34 (1913) S. 637.
[8]) Potthoff, Elektr.-Wirtsch. 30 (1931) S. 526.
[9]) Potthoff u. Mathiesen, ETZ 56 (1935) S. 3.

Digitized by Google

len ist. Es kann allenfalls die Spannung bestimmt werden, bei der von ausgeprägten Fackeln oder Stielbüscheln gesprochen werden kann (Kurve *b* und *c* in Abb. 6).

Alle diese kennzeichnenden Spannungen ändern sich linear und langsamer als proportional dem Luftdruck, während nach Peek eine schnellere Abnahme erfolgen müßte. Die Entladungserscheinungen sind ihrer Art nach sehr stark in der beschriebenen Weise von dem Seildurchmesser abhängig, erwiesen sich dagegen unabhängig von der Luftdichte. Sie treten bei geringen Drucken in derselben Weise und Reihenfolge auf wie bei normalen Drucken auch, jedoch gehen die Übergänge von der einen in die andere Entladungsform schneller vor sich.

7. Die Vorausbestimmung der Koronaverluste.

Bei Betriebsspannungen von etwa 100 kV ab werden die Koronaverluste maßgebend für die Abmessungen der Leiterseile. Will man bei normalem Betrieb und gutem Wetter überhaupt keine Koronaverluste zulassen, so bemißt man die Seile nach Gl. (2) mit $m_0 = 1$ und berücksichtigt die Erhöhung der Spannung bei dem Erzeuger, die Einflüsse der Seilkonstruktion, des Oberflächenzustandes und der atmosphärischen Verhältnisse dadurch, daß man die ideelle Koronaspannung etwa 30 % über die Betriebsspannung legt. Man erhält hierdurch eine ausreichende, mit sinkendem Druck noch zunehmende Sicherheit, die zu vergrößern wenigstens bei schönem Wetter und normalen Betriebsverhältnissen keine weiteren Vorteile bringt. Aber wenn auch im Normalbetrieb geringe Verluste zugelassen werden sollen, so kann für deren Berechnung nicht die Peeksche Verlustgleichung (1) zugrunde gelegt werden, da sie in dem Bereich der Anfangsverluste nicht gilt. Da bei den beschriebenen Verlustmessungen gleichzeitig die Leuchterscheinungen eingehend beobachtet werden konnten, ließen sich die Grenzspannung des sichtbaren Glimmens und die Höhe der dabei bereits vorhandenen Verluste einwandfrei erfassen. Diese sind vom Leiterradius abhängig und bewegen sich bei den untersuchten Seilen je nach deren Durchmesser zwischen 0,5 und 2,0 kW/km und Leiter. Sie sind unabhängig vom Luftdruck in der Weise, daß bei den verschiedenen Barometerständen stets auch etwa dieselben Verluste vorhanden sind, sobald das erste Glimmen sichtbar wird. Aus den Versuchen ergibt sich, daß bei Erreichen der Glimmanfangsspannung U_a Verluste N_a vorhanden sind von höchstens der Größe

$$N_a = 0{,}05 \cdots 0{,}1 \cdot d \text{ in kW/km und Leiter.} \qquad (8)$$

Hierin ist d der Seildurchmesser in mm. Für kleine und mittlere Seildurchmesser ist der höhere, für große Seildurchmesser der niedrigere Wert einzusetzen. Diese Gesetzmäßigkeit gilt ausnahmslos für alle untersuchten Seile innerhalb des gemessenen Druckbereiches von 350 Torr bis zum Normaldruck. Da die Verlustkurven durchweg bei einer sehr hohen relativen Luftfeuchtigkeit von über 90 % aufgenommen wurden, werden die Anfangsverluste N_a unter normalen Verhältnissen niedriger sein als nach Gl. (8).

Ob Verluste von dieser Größe statthaft sind, ist im Einzelfall zu prüfen. Zulässig erscheinen Koronaverluste von etwa ein Zehntel der Kupferverluste. Rechnet man mit einer wirtschaftlichen Stromdichte von etwa 1,7 A/mm², so ergibt sich als zulässiger Wert für die Koronaverluste von Kupferseilen

$$N \approx 0{,}05\, d \text{ in kW/km und Leiter.} \qquad (9)$$

Dabei gilt Gl. (9) sowohl für die Vollseile kleineren als auch für die Hohlseile größeren Durchmessers.

Die zulässigen Koronaverluste entsprechen also etwa gerade den Verlusten, die bei Beginn des ersten sichtbaren Glimmens vorhanden sind. Man kann demnach mit der Betriebsspannung bis unmittelbar an die Glimmgrenzspannung U_a herangehen, wobei Koronaverluste von höchstens $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ der Kupfer-Vollastverluste zu erwarten sind. In diesem Fall ist das Seilbild unter Berücksichtigung des Seilfaktors m_0 nach Gl. (7) zu bemessen, wobei die Glimmanfangsspannung U_a gleich der Betriebsspannung U zu setzen ist. Gl. (8) gibt dann ein Maß für die Verluste, mit denen bereits bei schönem Wetter zu rechnen ist. Man wird dabei den Seilfaktor m_0, für den Zahlentafel 1 einen Anhaltspunkt gibt, nicht zu hoch einsetzen und hierdurch mit einer gewissen Sicherheit unter den an sich noch zulässigen Verlustwerten bleiben. Für Aluminium- und Stahl-Aluminium-Leitungen sind bei einer wirtschaftlichen Stromdichte von etwa 1,1 A/mm² nahezu dieselben Verhältnisse zu erwarten.

Zur Beurteilung der Koronaverluste empfiehlt es sich, nach Gl. (2) und (7) die unteren und oberen Grenzwerte für das Seilbild bzw. für die Betriebsspannung zu bestimmen und diese je nachdem, ob man gewisse Koronaverluste in Kauf nehmen will oder nicht, dazwischen festzulegen.

Zusammenfassung.

Innerhalb des Druckbereiches von 350 bis 700 Torr ändert sich die Spannung des ersten sichtbaren Glimmens linear mit dem Luftdruck, nimmt mit ihm jedoch nicht nach der Peekschen Formel ab, sondern langsamer nach anderer Gesetzmäßigkeit (Gl. 7). Die hierbei bereits vorhandenen Verluste sind meist noch zulässig. Die Verluste ändern sich mit dem Luftdruck nicht nach den Peekschen Gesetzen, sondern sind bei niedrigen Drucken geringer als diesen entspricht. Die Entladungserscheinungen sind ihrer Art nach sehr vom Seildurchmesser abhängig, dagegen nahezu unabhängig von der Luftdichte.

Über störungsarmen Rundfunkempfang durch Gemeinschaftsantennen.

Von **H. Schindler** und **O. Schneider**, Berlin.

(Schluß von S. 804.)

621. 396. 673

V. Anpassungsfragen.

Bei dem Aufbau von Antennenanlagen sind verschiedene Abschnitte elektrisch miteinander zu verbinden. Diese einzelnen Teile haben, wie das auch schon im vorigen Absatz dargelegt wurde, nicht immer den gleichen Schein- bzw. Wellenwiderstand. Es treten daher bei ihrer Zusammenschaltung durch die Fehlanpassung Reflexionsdämpfungen auf. Angewandt auf das einfache Beispiel einer einzelnen geschirmten Antenne läßt sich folgendes sagen: Die wirksame Antenne entspricht einem Generator mit einer bestimmten durch die Feldstärke gegebenen EMK und einem frequenzabhängigen im wesentlichen kapazitiven Innenwiderstand, der im Mittel 100 pF beträgt. — An die Antenne schließt sich die geschirmte Leitung ($Z = 140\,\Omega$) an, die zum Eingang des Empfangsgerätes führt. Da die meisten Empfänger einen hochohmigen Eingang besitzen, wirkt die Niederführung in grober Annäherung wie eine Kapazität, die bei den praktisch vorkommenden Längen der Niederführung einige 100 pF beträgt. Es tritt dann den Kapazitäten entsprechend eine Spannungsteilung ein, so daß am Empfängereingang nur ein Bruchteil der Antennen-EMK wirkt. Diese unerwünschte Minderung der Antennenspannung läßt sich durch Anwendung von Übertragern nach Abb. 8 zum großen Teil aufheben, wobei jetzt die Länge der Niederführung eine untergeordnete

Digitized by Google

Rolle spielt. An diese Übertrager ist die Forderung zu stellen, daß sie das ganze Rundfunkband mit möglichst geringer Dämpfung übertragen. Der Bau solcher Übertrager[7]), die eine sehr geringe Streuung haben müssen, wurde erst ermöglicht durch die Fortschritte in der Herstellung der Eisenmassekernspulen.

VI. Gemeinschaftsantennenanlagen ohne Verstärker.

Es wäre also zu erwarten, daß man mit einer Antennenanlage, die genügend Hochfrequenzspannung liefert, bei Vermeidung der im vorigen Kapitel erwähnten Anpassungsverluste eine gewisse Zahl von Empfangsanlagen gleichzeitig speisen kann. Wegen der in diesem Falle notwendigen gegenseitigen Entkopplung der Anschlußdosen stößt man jedoch bei Anbringung von Übertragern vor jedem Empfänger (entsprechend Stelle *B*, Abb. 8) auf Schwierigkeiten, so daß man nur am Eingang der Niederführung einen Übertrager anbringen kann. Eine nähere Betrachtung unter Berücksichtigung der Ausführungen unter IV. zeigt, daß bei einer Anlage, die drei bis fünf Teilnehmer speisen soll, dem einzelnen Teilnehmer nur eine um 4 Neper gedämpfte wirksame Antennenspannung am Eingang seines Empfängers zur Verfügung steht. Das Anwendungsgebiet dieser Form von Antennenanlagen ist demzufolge beschränkt auf geringe Teilnehmerzahlen. Die weitaus größte Bedeutung kommt der Gemeinschaftsantennenanlage mit Verstärker zu, da diese die Erfüllung aller technischen und praktischen Forderungen gestattet.

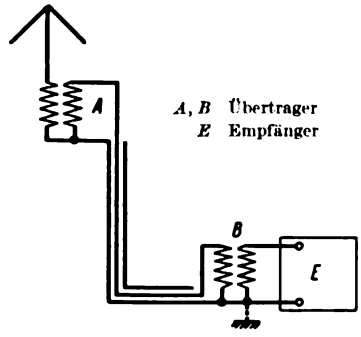


Abb. 8. Geschirmte Antennenzuleitung mit Anpassungsübertragern.

VII. Gemeinschaftsantennen mit Verstärker.

Nach welchen Gesichtspunkten muß nun ein solcher Verstärker aufgebaut sein? Im Vordergrund steht der Wunsch des Teilnehmers, eine möglichst große Hochfrequenzspannung am Eingang seines Empfangsgerätes zu erhalten, und zwar soll diese Eingangsspannung frequenzunabhängig im ganzen Rundfunkbereich zur Verfügung stehen. Man beschränkt sich zur Zeit auf die Übertragung eines Frequenzbandes von 150 bis 1500 kHz unter Berücksichtigung der augenblicklichen technischen Möglichkeiten und der Ansprüche der Rundfunkhörer. Über die notwendige Verstärkung verschafft man sich am einfachsten an Hand eines Pegeldiagrammes (Abb. 9) einen Überblick. Die an der Antenne zur Verfügung stehende Spannung U_1 kommt, um die Anpassungsverluste durch die Niederführung gemindert, mit einem Betrag von U_2 am Eingang des Antennenverstärkers an. Der Antennenverstärker setzt diese Spannung auf einen Betrag U_3 an seinem Ausgang auf das Verteilungsnetz herauf. Die Eingangsspannung U_3 des Verteilungsnetzes fällt stetig bis zur entferntesten Teilnehmeranschlußdose auf den Betrag U_L ab, wobei die in die Anschlußdose verlegte Schutzdämpfung von 1,1 Neper mit berücksichtigt sein soll. Man wird nun fordern, daß die beim entferntesten Teilnehmer auftretende Spannung U_L mindestens gleich der Spannung U_2 ist. Das bedeutet, daß der Verstärker eine Verstärkungsziffer haben muß, die der im ungünstigsten Fall auftretenden Dämpfung auf dem Verteilungsnetz entspricht. Diese Dämpfung ist, wie schon erläutert, im wesentlichen eine Frage der Teilnehmerzahl, des Leitungsmaterials, der Netzform und der Art der Anschlußdosen. Die Durchrechnung verschiedener Netzpläne nach Abschnitt IV führt bei vorgegebener Gesamtdämpfung B zu einer Beziehung zwischen Leitungslänge und Teilnehmerzahl. Abb. 10 stellt diesen Zusammenhang für ein Netz der Form *a* (Abb. 4) und eine Gesamtdämpfung von 2,6 N dar. Dabei ist vorausgesetzt, daß als Leitungsmaterial die Antennenleitung SSA 62 Verwendung findet. Die Länge der Stichleitungen ist mit 5 m, die Länge der Anlaufstrecke mit 50 m angesetzt, die Frequenz zu 1300 kHz gewählt. Man sieht, daß bei einer Verteilungsleitungslänge von $L = 400$ m etwa 20 Teilnehmer, bei $L = 200$ m etwa 40 bis 45 Teilnehmer angeschlossen werden können. Das sind vernünftige Werte, die auch noch eine wirtschaftliche Konstruktion eines Antennenverstärkers zulassen. Verstärker dieser Art werden für Gleich- und Wechselstromnetzanschluß hergestellt und haben eine geringe Leistungsaufnahme, die sich zwischen 17 und 50 W je nach Stromart bewegt. In Abb. 11 ist der Stromlauf eines derartigen Antennenverstärkers angegeben. Da der Verstärker aperiodisch arbeitet, ist stets die Gefahr gegeben, daß er durch bestimmte, besonders stark einfallende Sender übersteuert wird. Der zulässige Mittelwert der Eingangsspannung über das ganze Frequenzgebiet von 150 bis 1500 kHz darf etwa 50 mV betragen. Übersteigt die Spannung diesen Betrag merklich, so tritt eine gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Sender ein. Diese Erscheinung wird mit Kreuzmodulation bezeichnet und macht sich dadurch bemerkbar, daß man bei Einstellung auf gewisse Sender mehr oder weniger stark je nach der Feldstärke der sich beeinflussenden Sender andere Sender durchhört. Um eine Übersteuerung durch den Orts- bzw. Bereichsender, die wegen der allgemein hohen Feldstärken besonders leicht möglich ist, zu vermeiden, ist ein veränderliches Filter (*F*) eingebaut. Seine dämpfende Wirkung kann in drei Stufen durch Veränderung seiner Ankopplung an die Antennenzuführung wahlweise eingestellt werden. Hierdurch wird die ursprüngliche Spannung des Orts- bzw. Bereichsenders der Spannung der Fernsender auf dem Verteilungsnetz angeglichen. Auf diese Weise erreicht man, daß Geräte mit geringer Trennschärfe an einem solchen Verteilungsnetz brauchbaren Fernempfang bringen, ohne daß der Teilnehmer einen besonderen Sperrkreis verwendet. Abb. 12 zeigt den Verlauf der Verstärkung eines solchen Antennenverstärkers bei auf 841 kHz abgestimmten Sperrkreis. Die Werte gelten für einen Generatorwiderstand von 100 pF (entsprechend einer mittleren Antennenform und rd. 20 m geschirmter Niederführung) und eine Ausgangsbelastung von ungefähr 50 Ω. Der letzte Wert entspricht einer ungünstigsten Belastung durch 2 oder 3 parallelgeschaltete Verteilungsnetze.

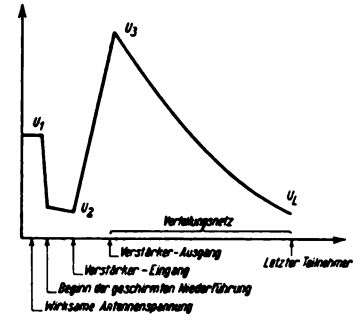


Abb. 9. Pegeldiagramm einer Gemeinschaftsantennenanlage.

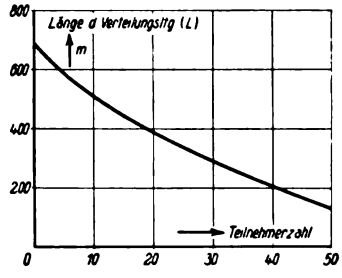


Abb. 10. Länge der Verteilungsleitung in Abhängigkeit von der Teilnehmerzahl bei vorgegebener Gesamtdämpfung. Netzform: Abb. 4a; Leitungsmaterial: SSA 62; Anlaufstrecke *A* 50 m; Stichleitungen *D* 5 m; zugelassene Gesamtdämpfung: *B* 2,6 N bei 1300 kHz.

Die Forderung nach einer möglichst frequenzunabhängigen Übertragungsgüte des Verstärkers wird durch geeignete Durchbildung der Eingangs- und Ausgangsüber-

[7]) Vgl. A. Jaumann u. F. Troeltsch, V. N. 1933, 3. Jahrg., 1. Folge, S. 57. Die Antennenübertrager können wegen der geringen zu übertragenden Leistung wesentlich kleiner ausgeführt werden (H-Kern) als die in diesem Aufsatz beschriebenen Übertrager.

Digitized by Google

trager und Kopplungselemente erreicht. Die beiden Übertrager sind als Bandfilterübertrager ausgeführt, was

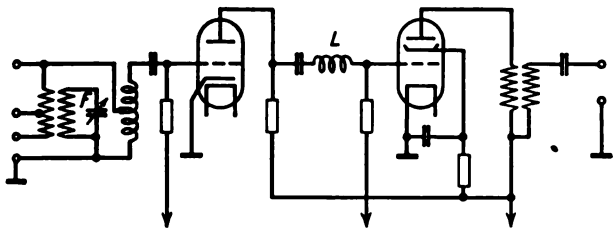


Abb. 11. Stromlauf eines Gemeinschaftsantennenverstärkers.

unter Benutzung hochwertiger Eisenmassekerne möglich ist, die sich sowohl durch kleine Streuung als auch geringe Übertragungsverluste auszeichnen. Die Kopplung zwischen den beiden Röhren ist bei tiefen Frequenzen im wesentlichen durch die ohmschen Kopplungswiderstände bestimmt. Der durch die Eingangskapazität des Endrohres bedingte Abfall bei hohen Frequenzen wird durch eine passend bemessene Induktivität *(L)* aufgehoben.

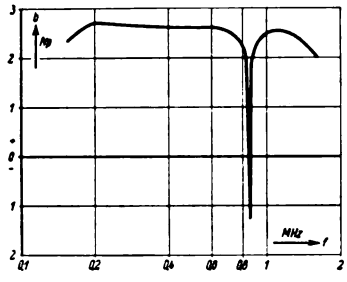


Abb. 12. Verstärkungskurve eines Antennenverstärkers.

Die vorliegenden Ausführungen zeigen, daß die Technik heute in der Lage ist, auch auf der Empfangsseite wirksame Maßnahmen zur Erreichung eines genußreichen Rundfunkempfanges zu treffen. Dies gilt besonders für die Gemeinschaftsantennenanlage. Mit ihr werden in geradezu idealer Weise die hochfrequenztechnischen Forderungen und die städtebaulichen und architektonischen Ansprüche erfüllt. Jedem Rundfunkteilnehmer kann heute die Hochfrequenzenergie der Sender in betriebssicherer und dennoch äußerst einfacher Form zugeleitet werden, wie das in der Starkstromtechnik seit langem eine Selbstverständlichkeit ist.

Zusammenfassung.

Zunächst werden die verschiedenen Möglichkeiten der Erzielung eines störungsarmen Rundfunkempfangs angeführt. Diese sind: 1. Steigerung der Senderleistung, 2. Beseitigung der Störungsquellen (Entstörung), 3. Verlegung der Antenne in ein möglichst ungestörtes Gebiet und geschirmte Zuleitung zum Empfänger. Die letzte Maßnahme wird näher erörtert. Sie ist meist nur dann wirtschaftlich und praktisch durchführbar, wenn mehrere Teilnehmer dieselbe Antenne benutzen können. Die Anforderungen, die an solche Gemeinschaftsantennenanlagen zu stellen sind, werden besprochen und zweckmäßige Lösungen angegeben. Die größte Bedeutung kommt der Gemeinschaftsantenne mit Verstärker zu, die den Anschluß einer großen Zahl von Teilnehmern gestattet und dabei allen die Empfangsgüte einer guten geschirmten Hochantenne bietet.

Die Braunsche Röhre als Spannungsmesser beim elektrolytischen Trog.

Von **Manfred von Ardenne** VDE, Berlin.

621. 317. 32 : 621. 317. 754

Übersicht. Die Braunsche Röhre wird zur unmittelbaren Messung von Spannungsabfällen im elektrolytischen Trog vorgeschlagen. Im Gegensatz zu dem bisher üblichen Brückenverfahren lassen sich beim Braunschen Rohr Richtung und Größe der Potentialabweichung unmittelbar erkennen. Außerdem besteht die Möglichkeit einer photographischen Aufzeichnung des Potentialverlaufes längs einer vorgegebenen Kurve.

Der Verlauf der Feldlinien in einem Dielektrikum kann bekanntlich, solange Raumladungen keine Rolle spielen, in einem elektrolytischen Trog durch Nachbildung der das Feld bestimmenden Elektroden erzeugt und ausgemessen werden. Dieses anschauliche Verfahren[1]) wurde u. a. zur Ausmessung der Feldstruktur in Elektronenröhren herangezogen[2]) und hat in den letzten Jahren eine hohe Bedeutung bei der Untersuchung von elektrostatischen Elektronenoptiken[3]) erlangt.

In der bisher üblichen Anordnung wird das Potential an jeder Stelle des Raumes durch eine Sonde mit Hilfe einer durch Wechselstrom betriebenen Meßbrücke bestimmt und das Brückenminimum mit einem Telephon geprüft. Mit Rücksicht auf die zunehmende Bedeutung des Verfahrens erschien es angebracht, zu prüfen, wie weit es durch Einsatz neuzeitlicher Meßhilfsmittel gelingt, die Zeiten für die Ausführung der Messungen herabzusetzen und nach Möglichkeit zur selbsttätigen Aufzeichnung des Potentialanstieges längs einer beliebigen Linie zu gelangen. Bei diesen Bemühungen hat sich die Braunsche Röhre als Spannungsmesser besonders bewährt.

I. Die Braunsche Röhre als Spannungsmesser.

Der Strom zu den Ablenkplatten ist bei den heute üblichen Braunschen Röhren so klein, daß sie zur unmittelbaren Spannungsmessung im elektrolytischen Trog benutzt werden können und daß auch bei Verwendung von destilliertem Wasser eine Veränderung der Potentialverteilung durch Anschluß der Ablenkplatten nicht eintritt. Gegenüber Elektrometern besitzt die Braunsche Röhre den gerade bei diesen Messungen ausschlaggebenden Vorteil der trägheitslosen Anzeige und einer linearen Eichkurve. In den Ausführungsformen, die für den Fernsehempfang entwickelt sind, ist zugleich eine Meßgenauigkeit von Bruchteilen eines Prozent gegeben, so daß auch in dieser Hinsicht die unmittelbare Spannungsmessung mit der Braunschen Röhre nicht wesentlich dem Brückenverfahren unterlegen ist. Diesem gegenüber hat die Braunsche Röhre den großen Vorzug, daß sowohl die Richtung als auch die Größe der Potentialabweichung von einer

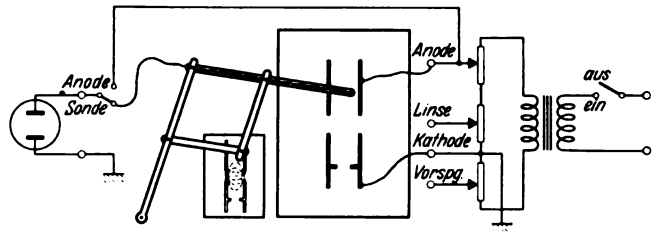


Abb. 1. Schaltanordnung zur Ausmessung von Potentialfeldern im elektrolytischen Trog mit Hilfe der Braunschen Röhre.

[1]) Vgl. z. B. bei W. Zschaage, ETZ 46 (1925) S. 1215.
[2]) H. Barkhausen u. J. v. Brück, ETZ 54 (1933) S. 175.
[3]) Vgl. die verschiedenen Messungen in dem Buch E. Brüche u. O. Scherzer. Geometrische Elektronenoptik, Berlin: Julius Springer 1934.

Digitized by Google

zu messenden Potentiallinie jederzeit dem Messenden erkennbar bleiben. Er kann daher Abweichungen sofort verbessern. Dabei ist es bei der praktischen Ausführung der Messungen nicht unwesentlich, wenn durch entsprechende Anordnung der Elektroden im Trog und des Fluoreszenzschirmes der Braunschen Röhre bewirkt wird, daß der physiologische Eindruck der Fleckbewegung auf den Fluoreszenzschirm möglichst weitgehend übereinstimmt mit den Bewegungen der von der Hand geführten Sonde. Nicht zuletzt bietet die Braunsche Röhre die Möglichkeit der photographischen Aufzeichnung.

II. Schaltung und Ausführung eines Troges.

Die Schaltung einer im Laboratorium des Verfassers benutzten Anordnung zur Ausmessung von Potentialfeldern im elektrolytischen Trog ist in Abb. 1 wiedergegeben. An die in den Trog gebrachten Elektroden wird eine Wechsel-

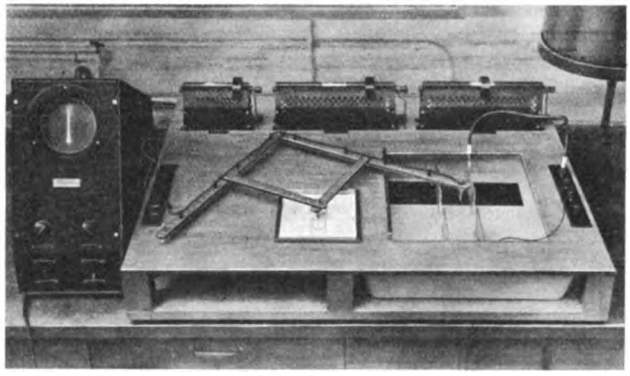


Abb. 2. Die Ausführung eines mit Pantograph arbeitenden und aus dem Wechselstromnetz betriebenen Troges.

spannung von etwa 200 V angelegt, deren genauer Wert so eingeregelt ist, daß sie an der Millimetereinteilung auf dem Fluoreszenzschirm des Braunschen Rohres gerade einen Fluoreszenzstrich bequem teilbarer und meßbarer Länge (z. B. 100 mm) erzeugt. Nach Umschaltung der Ablenkplatten auf die Sondenelektrode entspricht die Länge des Fluoreszenzstriches der am Ort der Sonde gegebenen Spannung. Mit Hilfe eines Pantographen kann in bekannter Weise der abgetastete Potentiallinienverlauf in allen Feinheiten aufgezeichnet werden[4]).

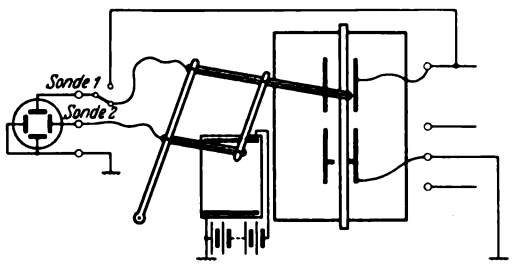


Abb. 3. Sichtbarmachung des Potentialanstieges längs einer Geraden mit Hilfe der Braunschen Röhre.

Die praktische Ausführung der gesamten Meßanordnung mit Trog, Pantograph, den verschiedenen Spannungsteilern und der Oszillographenröhre ist in Abb. 2 gezeigt. — Wird an Stelle des Aufzeichnungsstiftes eine zweite Sonde und an Stelle des Aufzeichnungspapiers ein als linearer Spannungsteiler ausgebildeter Flüssigkeitswiderstand vorgesehen, so kann eine lineare Zuordnung des Ordinatenwertes der Sonde und der entsprechenden Koordinate des Schirmes hergestellt werden. Die entsprechende Schaltung ist in Abb. 3 angedeutet.

III. Ausgeführte Messungen.

Die photographische Aufzeichnung des Potentialanstieges längs der Achse einer aus zwei gegenüberstehenden Zylindern bestehenden einfachen elektrischen Beschleuni-

Abb. 4. Photographische Aufzeichnung des Potentialanstieges.

gungsoptik ist in Abb. 4 abgebildet. In den Abb. 5 und 6 sind ferner zwei mit Hilfe des Pantographen gewonnene Zeichnungen des Feldlinienverlaufes zwischen gegenüberstehenden Zylindern von gleichen Durchmessern gebracht. Unterhalb der Feldliniendarstellung sind die der photogra-

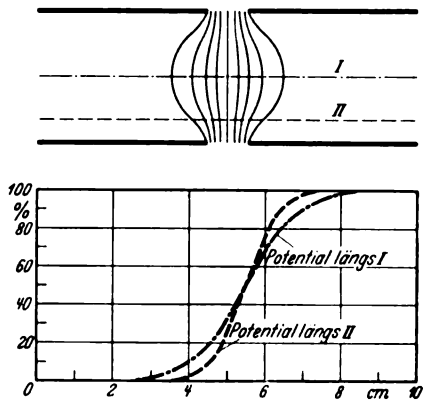


Abb. 5. Messungen an einer Beschleunigungsoptik mit kleinem Zylinderabstand. (Gemessen am dreidimensionalen Modell.)

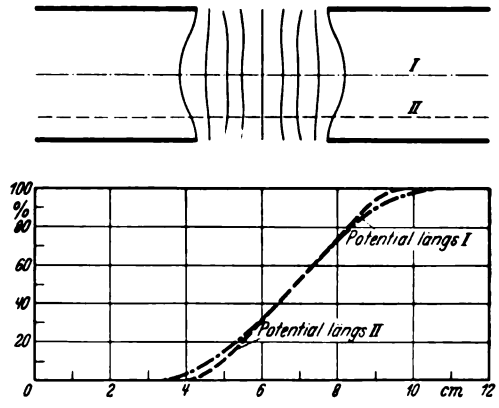


Abb. 6. Messungen an einer Beschleunigungsoptik mit großem Zylinderabstand.

phischen Aufzeichnung entsprechenden Kurven des Potentialanstieges längs der bezeichneten Geraden angeordnet. Die beiden ausgemessenen Fälle veranschaulichen Beschleunigungsoptiken mit verschiedener Abbildungsgüte. Messungen nach Art der Abb. 5 und 6 werden mit der beschriebenen Anordnung im Verlauf von wenigen Minuten durchgeführt.

[4]) Eine Besprechung der allgemeinen Fehlermöglichkeiten des Verfahrens mit dem elektrolytischen Trog findet sich bei E. Brüche u. O. Scherzer, S. 77 (Fußnote 3).

Digitized by Google

Zusammenfassung.

Zwei Schaltungen zur Ausmessung von Potentialfeldern im elektrolytischen Trog mit Hilfe der Braunschen Röhre werden angegeben. Eine photographische Aufzeichnung des Potentialverlaufes längs einer Kurve gelingt unter Benutzung des zweiten Plattenpaares der Braunschen Röhre. Zur Beurteilung des Verfahrens werden einige ausgeführte Messungen mitgeteilt. Der etwas höhere Aufwand an Geräten gegenüber dem üblichen Brückenverfahren rechtfertigt sich aus dem Zeitgewinn bei der Durchführung der Messungen.

Das neue Zählereichwerk der Hamburgischen Elektrizitäts-Werke (HEW).

Elektrisches Prüfamt.

Von **Josef Schneider VDE**, Hamburg.

621. 317. 089. 6

Übersicht. Nach einem kurzen Rückblick auf die Entwicklung des Zähler-Eichwesens bei den HEW wird eine gedrängte Beschreibung des neuen Zählereichwerks gegeben.

Die HEW sind seit 1894 die Träger der öffentlichen Stromversorgung von Hamburg, die im Jahre 1888 durch das damalige Städtische Elektrizitätswerk an der Poststraße begann. Von Anfang an wurde der Pflege der Elektrizitätszähler größte Beachtung geschenkt. Von kleinen Anfängen in der Poststraße (1888 bis 1905), über die Eichwerkstätten im Verwaltungsgebäude am Pferdemarkt (1905 bis 1911) hat sich das Eichwesen, damals fast ausschließlich für Gleichstromzähler, entsprechend der Zunahme der Zählerzahl immer stärker entwickelt. 1911 wurde eine eigene Werkstätte in der Böckmannstraße, die Zähler-Eichanstalt, gebaut, die bis 1935 bestand und die mit vollständig neuen, zeitgemäßen Eicheinrichtungen für Gleich- und Wechselstrom ausgerüstet wurde. Seit 1914 hat die Zahl der Wechselstromzähler sehr stark zugenommen, so daß heute etwa 200 000 Gleich- und 250 000 Wechsel- und Drehstromzähler vom Eichwerk zu betreuen sind. Die alte Eichanstalt war seit langem zu klein geworden. Im Jahre 1934 wurde daher das neue Zählereichwerk erbaut, das im Februar 1935 den Betrieb übernahm.

Abb. 1. Der große Eichraum.

Alle im Netz befindlichen Zähler kommen nach einer gewissen Zeit zwecks Überholung und Neueichung in das Eichwerk, wobei Zähler gleicher Type und Größe serienweise ausgebessert und geeicht werden; nur große Zähler werden einzeln behandelt. Für Gleich- und Wechselstromzähler kleinerer Stromstärken wird das Synchroneichverfahren angewendet. Nach der Eichung wird jeder Zähler einer Dauerprüfung an besonderen Dauerprüfwänden unterzogen: eine große Anzahl gleicher Zähler ist mit zwei Normalzählern hintereinander geschaltet, mit deren Ganggenauigkeit die Prüflinge verglichen werden. Die prüfamtsseitig geforderte Aufnahme der Fehlerkurve an den einzelnen Zählern wird gleichfalls an den Dauerprüfwänden vorgenommen. Diese bei den HEW seit langem durchgeführte Behandlung der Zähler ist auch im neuen Eichwerk beibehalten worden, wenn auch mit vollständig neuen Mitteln zur Durchführung der alten Verfahren.

Das Zählereichwerk wurde in den entsprechend umgebauten Räumen eines früheren Umspannwerkes am Bullerdeich eingerichtet. Es stellt einen viergeschossigen Bau dar, der im Untergeschoß Maschinen-, Akkumulatoren- und Lagerräume, Packraum, Zählerausgabe, Tischlerei, Sandstrahl- und Lackierraum sowie die Anlage für den Netzanschluß enthält. Das darüber liegende Geschoß enthält den sog. Prüfraum, in dem alle nicht serienmäßigen Arbeiten an Zählern vorgenommen sowie Meßinstrumente und Relais aller Art instandgesetzt und geeicht bzw. geprüft werden. Hier befindet sich ferner der Feinmeßraum, der der Überwachung aller Präzisionsinstrumente für den Eichbetrieb dient. Anschließend nimmt dieses Geschoß die Hochspannungsprüfräume und den Oszillographenraum auf. Das erste Stockwerk enthält die große Ausbesserungswerkstatt für Zähler und Uhren sowie das Zählerbüro mit der Verwaltung, während im zweiten Stockwerk der große Eichraum alle Eichpulte und Prüfwände aufnimmt, die in der Hauptsache der serienweisen Behandlung der Zähler dienen (Abb. 1).

Auf völlig neue Grundlage wurde die Stromversorgung des Eichwerkes gestellt: während früher für die Gleichstrom-Eichwände Einzelbatterien für jede Wand benutzt wurden, um eine gegenseitige Beeinflussung beim Eichen zu vermeiden, werden jetzt die Strompfade der Eicheinrichtungen in entsprechend großer Anzahl an Sammelschienen angeschlossen, deren Spannung durch röhrengeregelte Maschinen auch bei starken Belastungsschwankungen konstant gehalten wird. Für Gleichstrom wurden zwei Sammelschienen geschaffen, und zwar 10 V und 1600 A sowie 55 V und 2×240 A.

Für die Spannungspfade der Gleichstrom-Eicheinrichtungen stehen gleichfalls geregelte Sammelschienen ver-

Digitized by Google

schiedener Spannung zur Verfügung, außerdem ist eine Spannungsbatterie von 1000 V vorhanden.

Für die Wechselstrom-Eichwände waren in der alten Eichanstalt Einzeleichumformer aufgestellt. Jetzt wird eine Sammelschiene von 3 × 380 V durch Röhren geregelt; sämtliche Wechsel- und Drehstrom-Eichpulte sind an diese Sammelschiene angeschlossen.

Alle Umformer und Lademaschinen sind im Maschinenraum aufgestellt, die zugehörigen Röhrenregler sind in einem besonderen Schrank untergebracht. Die Bedienung aller Umformer geschieht durch druckluftgesteuerte Stromschütze von einer Hauptschaltwand aus.

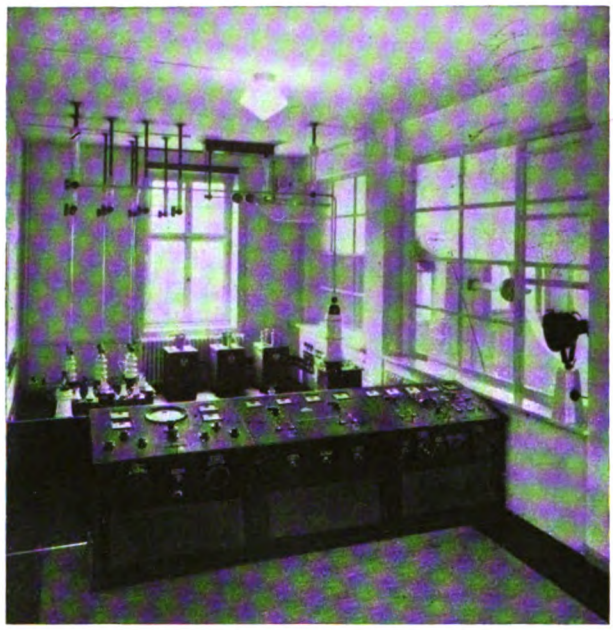


Abb. 2. Wandlerprüfraum, vorn Vier-Maschinen-Schaltpult.

Für die Eichung sehr großer Gleichstromzähler sowie für die Kompensationsmessung sind 2 × 3 Akkumulatorenzellen für je 3000 A und acht Zellen für je 280 A aufgestellt. Die Hochstrombatterie, die 6000 A liefern kann, liegt in unmittelbarer Nähe des Hochstrom-Meßraumes, in welchem an einer besonderen Wand Zählereichungen und Apparateprüfungen vorgenommen werden können.

Zu den prüfamtsmäßigen Aufgaben des Zählereichwerkes gehört auch die Wandlerprüfung, für die umfangreiche Einrichtungen geschaffen wurden (Abb. 2). Die Hohle-Brücke dient dazu, Übersetzungs- und Winkelfehler zu messen; mit dem Vektormesser werden die Bürden der Wandler in bezug auf ihre ohmsche und induktive Komponente hin überwacht. Die Windungs- und die Wicklungsproben lassen sich ausführen, ebenso die für Netzschutzzwecke wichtige Kennziffermessung nach einem besonders entwickelten Verfahren. Die Hochstrom- und Hochspannungseinrichtungen wurden derart erweitert, daß auch Gruppeneichungen bis 3 × 30 kV und 3 × 4000 A möglich sind. Hierbei wird der Zähler mit seinen zugehörigen Meßwandlern als vollständige Gruppe wattmetrisch geeicht.

Neben der Pflege der Zähler hat das Eichwerk noch etwa 7000 Meßinstrumente in den Betrieben der HEW zu betreuen; weiterhin alle vorhandenen Relais zu überwachen und gegebenenfalls zu überholen sowie für die Ganggenauigkeit von etwa 4000 Schaltuhren zu sorgen. Hierfür wurden im Eichwerk Instrumenten-Eichpulte aufgestellt; weiterhin Sonder-Relaispulte, die auf die Prüfung des vorhandenen Impedanzschutzes zugeschnitten sind und mit den vorkommenden Kurzschlußströmen arbeiten.

Bei der Schaffung des Wandlerprüfraumes lag es nahe, die Hochspannungseinrichtungen so zu erweitern, daß auch Prüfungen bis zu 150 kV an Gegenständen mit ausgedehnter Kapazität ausgeführt werden können. In erster Linie handelt es sich um Verlustwinkelmessungen an Hochspannungskabeln, Meßwandlern und dergl. Ein zusätzlicher Trafo für 90 kVA Leistung wurde aufgestellt, dessen Spannung später verdoppelt, also auf 300 kV gebracht werden kann. Der betreffende 150 kV-Raum ist mit dem Wandlerprüfraum verbunden und liegt zu ebener Erde, so daß größere Prüflinge, wie Kabeltrommeln, Transformatoren und dergl., leicht durch ein Tor hereingebracht werden können.

Für die Verlustwinkelmessungen selbst — die in letzter Zeit gegenüber einfachen Durchschlagversuchen steigende Bedeutung gewinnen — stehen zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung: einmal die Schering-Brücke und zum anderen die Schwingkontaktbrücke, deren Vorzug in der Möglichkeit liegt, die Verlustwinkelkurve mit dem Zwei-Koordinatenschreiber unmittelbar aufzeichnen zu können.

Das Eichwerk ist seiner neuzeitlichen Einrichtungen wegen befähigt, über seinen eigentlichen Aufgabenkreis hinaus Forschungsarbeit zu leisten, da ihm auch eine gut eingerichtete Oszillographenanlage zur Verfügung steht.

Der Gesamtentwurf, die Bauausführung und Überwachung lag in den Händen der Bauabteilung der HEW, bei ständiger Fühlungnahme mit der Betriebsleitung und der Lieferfirma.

Verlustwinkelmessung an Hochspannungskabeln.

611. 315. 2. 027. 3 : 621. 317. 374

Der Forschungsausschuß der britischen elektrotechnischen Industrie hat Leitsätze für die Messung dielektrischer Verluste an Hochspannungskabeln ausgearbeitet[1]). Als Standard für die Messung wird die Hochspannungsbrücke nach Schering empfohlen. Der Forschungsausschuß gibt auf Grund seiner reichen Erfahrung zahlreiche Hinweise für die günstigste Gestaltung der Meßanordnung. Eingehend besprochen werden die Fehlerquellen bei der Verlustmessung, die notwendige elektrostatische und magnetische Abschirmung der Meßeinrichtung, die zweckmäßige Herrichtung von Kabel-Probestücken für die Messung (Schutzring, Kabelendverschlüsse usw.). Bei der Messung am verlegten Kabel liegt nicht wie bei der üblichen Schaltung der Schering-Brücke eine Spannungsecke, sondern ein anderer, in der Nähe der Nullecke liegender Brückenpunkt auf Erdpotential. Man mißt dann nicht mehr die Kapazität und den Verlustwinkel des zu prüfenden Kabels allein, sondern es gehen auch die Erdkapazitäten und die Verlustwinkel des Hochspannungstransformators und der Leitung zum Kabel in die Messung ein. Für diesen Fall werden Abschirmungen vorgeschlagen und die Formeln für die Korrektur der verschiedenen Fehler angegeben. In einem Anhang werden die bekannten wattmetrischen Verfahren zur Bestimmung dielektrischer Verluste bei Hochspannung kurz erörtert.

Da bei Verlustmessungen an Kabeln die Kurvenform oft verzerrt ist, wurden Versuche über den Einfluß der Kurvenform auf das Meßergebnis durchgeführt. Wurde die Spannungskurve von der Sinusform in eine dreieckige Welle übergeführt, so ergab sich bei der Messung mit der Schering-Brücke und auch bei Verwendung eines unmittelbar zeigenden Hochspannungswattmeters kein wesentlicher Unterschied, während das Kompensationswattmeter (von Emanueli und Barbagelata) den Verlustwinkel um 15 % zu klein anzeigte. *Rsk.*

[1]) J. Instn. electr. Engr. 77 (1935) S. 845.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621.313.3.015.34 **Versuche über den Gewitterschutz von Wechselstrommaschinen.** — E. M. Hunter berichtet über Versuche an einem in λ geschalteten 12 500 kVA Drehstromgenerator für 6600 V, welche die Ausbreitung von Wanderwellen längs der Maschinenwicklung, sowie die Wirkung von Blitzschutzgeräten auf Höhe und Verlauf der entstehenden Überspannungen zeigen sollten. Zum Schutze von Maschinen, die unmittelbar an eine Freileitung angeschlossen sind, wird die in Abb. 1 dargestellte

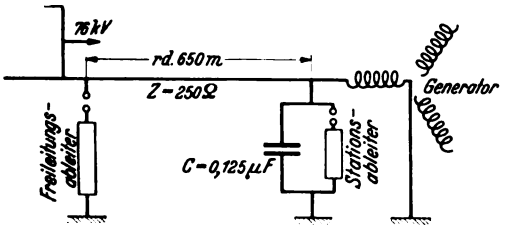


Abb. 1. Schutzschaltung für unmittelbar an ein Freileitungsnetz angeschlossene Maschinen.

Schaltung empfohlen. Der an der Freileitung hängende Ableiter soll die Höhe der ankommenden Blitzspannung auf ein ungefährliches Maß absenken, während dem Schutzkondensator C (0,125 µF) die Absenkung der durchgelassenen Wellenstirn auf eine solche Länge zukommt, daß Eigenschwingungen und damit Überspannungen innerhalb der Wicklung ausgeschlossen sind. Der Zweck des an den Maschinenklemmen noch zusätzlich vorgesehenen Stations-Ableiters ist offenbar die Absenkung von Blitzspannungen, die durch unmittelbare Einschläge in das zwischen Maschine und Freileitungs-Ableiter liegende Leitungsstück entstehen können. Bei Maschinen mit freiem Nullpunkt soll dieser zweite Ableiter weggelassen werden und zur Absenkung der Nullpunktspannung bei dreiphasigen Stößen C auf 0,5 µF erhöht werden. Ein Ableiter im Sternpunkt wird für diesen Fall abgelehnt, weil Versuche mit einem solchen Ableiter (1,5/33 µs-Welle) bei 0,125 µF Schutzkapazität an den Klemmen für einzelne Punkte der Wicklung noch Spannungen von 15 % über derjenigen am Wicklungseingang gegen Erde vor dem Ansprechen des Ableiters ergeben haben und weil außerdem im Augenblick des Ansprechens ein steiler Zusammenbruch auf etwa die halbe Teilspannung am Nullpunkt erfolgte, was hohe Windungsspannungen zur Folge haben kann. (Anm. des Berichters: Offenbar wurde kein sehr günstig arbeitender Ableiter benutzt.) Die Wirkung der Schutzschaltung nach Abb. 1 wird mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen in einer einphasigen Ersatzschaltung nachgeprüft, welche den Fall eines Blitzschlages in unmittelbarer Nähe des Ableiters, aber in sehr großer Entfernung von der Maschine nachahmt (Stoßspannung 76 kV). Dabei wird durch die Stromaufnahme des Freileitungs-Ableiters die Halbwertdauer der aufgegebenen Stoßwelle auf 10 µs herabgesetzt, so daß die erzielten Ergebnisse (Absenkung der Spannung an den Maschinenklemmen auf 12 kV bei geerdetem Nullpunkt für $C = 0{,}1$ µF, auf 5 kV bei freiem Nullpunkt für $C = 0{,}5$ µF) gegenüber praktischen Fällen mit Blitzwellen von 50 und mehr µs zu günstig erscheinen (Anm. des Berichters).

Die Hintereinanderschaltung der Maschine mit einem in λ/Δ geschalteten Trafo wird bei einphasigem Stoß mit 1/5,6 µs-Welle auf die Hochspannungsseite des Trafos untersucht. Zur Absenkung der nach Maßgabe des Übersetzungsverhältnisses elektromagnetisch auf die Niederspannungsseite übertragenen Stoßspannung wird auch in diesem Fall die Parallelschaltung von Ableitern und Kondensatoren von 0,1 µF zu den Maschinenklemmen empfohlen. Der Sternpunkt der Ableiter kann dabei geerdet oder frei sein.

Die Ausbreitung der Stoßwellen über die Wicklung erfolgt ähnlich wie bei einer Wanderwellenleitung mit einer mittleren Geschwindigkeit von 33 500 km/s. Die einfache Laufzeit der Welle über die ganze Wicklung betrug 4 µs, der Wellenwiderstand wurde zu 200 Ω bestimmt. Der Wert des Wellenwiderstandes ändert sich linear mit der Windungszahl der Generatorspulen; mit steigender Betriebsspannung wächst er nur wenig an. [E. M. Hunter, Electr. Engng. 55 (1936) S. 137.] *Els.*

Leitungen.

621.315.056.3 **Messungen von Schwingungen an Freileitungen.** — Regelmäßige Untersuchungen der Leitungsschwingungen werden schon seit Jahren von verschiedenen Elektrizitäts-Unternehmungen und Lieferfirmen durchgeführt und noch fortgesetzt. Die Untersuchungen wurden vorgenommen teils auf künstlich erregten Versuchsständen, teils an durch Wind erregten Schwingungs-Versuchsstrecken. Eine solche Schwingungs-Versuchsleitung ist von der Aktiengesellschaft Sächsische Werke bei Niederwartha errichtet. Sie besteht aus 3 Aluminiumseilen von 150 mm² Querschnitt, die zwischen zwei vorhandenen Eckmasten einer 100 kV-Leistung gespannt wurden. Die Belastung der Leitungen beträgt 1000 kg bei 10 ° C. Die Versuchsstrecke verläuft in der Richtung Nordost-Südwest. Als mittelster Stützpunkt wurde ein Gestänge mit Hängeisolatoren errichtet, so daß die Versuchsleitung aus zwei Spannfeldern besteht; die Spannfelder sind sehr ungleich und haben Spannweiten von je 130,99 m und 255,5 m. Die Seile liegen waagerecht nebeneinander in einem Abstand von 85 cm. Seil 1 ist mit Schwinghebeldämpfern der Lautawerke ausgerüstet, Seil 3 mit Dämpfungsbeilagen nach Bauart J. W. Hofmann versehen, während das mittlere Seil 2 an einer normalen Hängeklemme aufgehängt ist; es besitzt also keinen Dämpfungsschutz. Das Verhalten dieser erwähnten Einrichtungen gegenüber Schwingungen sollte nun durch eingehende Messungen nachgeprüft werden. Die Messungen erstrecken sich während der Versuche auf die obwaltenden Temperaturen, die Windstärken, die Windrichtungen, die Seilschwingungen und die Schwingungsfrequenz. Die diesbezüglichen Geräte und Einrichtungen werden eingehend beschrieben. Der Schwingungs-Schnellschreiber gibt genaue Angaben über die Frequenz und Schwingungsweite. Die Ergebnisse, soweit diese bereits vorliegen, sind nun folgende:

Bei Seil 1 und 3, die mit Schwingungsdämpfern ausgerüstet sind, treten nur selten Schwingungen und diese nur mit kleinen Schwingungsweiten auf, während bei Seil 2 (ungeschütztes Seil) Schwingungen aufgezeichnet wurden. Aus den angegebenen Aufzeichnungen und der Zahlentafel geht hervor, daß die größten Schwingungsweiten (15 bis 20 mm) bei schwachem Wind (2,6 m/s) beobachtet wurden. Die Gestalt der Schwingungskurven zeigen keinen regelmäßigen Verlauf (konstante Schwingungsweite), sondern Schwebungen. Die gemachten Beobachtungen stimmen recht gut mit denen überein, die auch anderweitig festgestellt worden sind[1]). Bemerkenswert ist noch die Tatsache, daß auch bei dem Seil 3, das mit Dämpfungsbeilagen nach Bauart J. W. Hofmann ausgerüstet ist, nur unbedeutende Schwingungen verzeichnet werden. Die Versuche bedürfen noch der Ergänzung, da bestimmte Schlußfolgerungen noch nicht gezogen werden können. [P. Feistner, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 83.] *ir.*

Elektromaschinenbau.

621.313.333 **Stromverdrängungsmotoren mit Ein- und Mehrnutläufern. Eindringtiefe.** — Die genaue Berechnung der Stromverdrängungsgrößen, d. h. der Widerstandserhöhung und der Induktivitätsverminderung bei Asynchronläufern, ergibt schon bei geometrisch einfachen Nutformen, z. B. Trapez- oder L-Nuten, mathematisch schwierige und für den praktischen Berechner wenig brauchbare Ausdrücke. Der Verlauf der Abhängigkeit der Stromverdrängungsgrößen von der Nuttiefe führt auf die Vorstellung von einer Strömungseindringtiefe, die von der Nuttiefe und -breite unabhängig ist und sich nur mit der Frequenz der Wechselströmung ändert. Die Anwendung

[1]) ETZ 54 (1933) S. 603.

Digitized by Google

dieses Gedankens auf verschiedene Nutformen, z. B. Trapez-, L-, Rechteck-, Rundnutformen asynchroner Stromverdrängungsläufer, ergab zunächst für Widerstandserhöhung und Induktivitätsverminderung einfache Ausdrücke, die sich noch auf Höchstwerte in Abhängigkeit von den geometrischen Verhältnissen der Nutform untersuchen ließen; die Ergebnisse sind in Abhängigkeit vom Verhältnis des sekundären Blindwiderstandes zum Wirkwiderstand bei Lauf, für große Leistungsgebiete verwendbar, aufgetragen, wobei die Abmessungsverhältnisse der Nut als Parameter auftreten.

Führt man eine ideelle Ersatzhöhe für die Einwirkung des Nutschlitzes bei Doppelnutläufern ein, so kann man die resultierenden Stromveränderungsgrößen für Doppelnutkäfige auch unter Berücksichtigung der Stababmessungen aufstellen; die Ergebnisse der Untersuchung auf Höchstwerte wurden für Doppelkäfige mit rechteckförmigen Stäben in einem Kurvenblatt zusammengefaßt, wobei nóch als Parameter das Verhältnis Induktivität der Leiterräume zu der des Schlitzes und ferner die für Asynchronläufer verschiedenster Leistung erforderlichen Gesamtkupferquerschnitte angegeben sind.

In dem zweiten Teil der vorliegenden Arbeit wird kurz die doppeltverkettete Streuung von Mehrnutläufern mit getrennten Nuten bzw. verschiedenen Nutzahlen in Anlauf- und Arbeitswicklung behandelt; die Koeffizienten dieser Streuung ändern sich in Abhängigkeit vom Strom bzw. Nutzahlverhältnis beider Käfige in stärkerem Maße als umgekehrt quadratisch, wie dies bekanntlich bei einfachen bzw. normalen Doppelnutkäfigen der Fall ist. Die Abhandlung schließt mit einem Gütevergleich zwischen dem normalen Doppelnutmotor einerseits und dem Heemaf- bzw. Dreinutmotor anderseits, der die Möglichkeit einer Verbesserung des normalen Doppelnutmotors etwa durch Änderung der Nutzahl bzw. Nutanordnung als nur geringfügig erkennen läßt. [H. Heß, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 207.]

621. 313. 333. 2. 013. 5 **Einfache Messungen zur Ermittlung der Streublindwiderstände des Ständers von Kurzschlußläufermotoren.** — A. Schanz erläutert die Bestimmung des Spannungsdiagrammes des Ständers, somit auch dessen Streublindwiderstand X_{σ_1} aus zwei einphasigen Strom-, Spannungs- und Leistungsmessungen bei Umschaltung der Spannungsspule des Leistungsmessers. Solche Messungen sind an allen Asynchronmotoren möglich, die mindestens zwei Ständerwicklungen besitzen, von denen die eine als Netz-, die andere als Meßwicklung dient. Leerlaufmessungen, bei denen der einphasig am Netz liegende Motor als Phasenumformer wirkt, lassen sich bei allen Winkeln zwischen den Achsen der Netz- und Meßwicklung durchführen. Kurzschlußmessungen, bei welchen die Netzwicklung induzierend auf die Meßwicklung wirkt, sind bei elektrischer Senkrechtlage beider Wicklungsachsen nicht durchführbar, Einphasenmotoren mit Hilfsphase, somit auch der Einphasen-Kondensatormotor, scheiden hier aus. Setzt man aber die Leerlaufmessungen durch Spannungssteigerung bis zu Strömen in der Nähe des wahren Kurzschlußstromes fort, können die so erhaltenen Werte $X_{\sigma_1} = f(I)$ des Streublindwiderstandes auch auf den Kurzschlußfall dieser Motoren mit senkrechten Wicklungsachsen angewendet werden. Die Beziehungen für X_{σ_1} werden für Drehstrom-, Zweiphasen- und Einphasenmotoren aus den Leerlaufmessungen, für den Drehstrommotor aus den Kurzschlußmessungen abgeleitet. Die einphasige Wickelkopfstreuung kann in erster Annäherung abgetrennt werden; bei zwei Maschinen gleichen Blechschnittes, aber verschiedener Paketlänge ist sogar eine Trennung der Leitwerte des Eisen- und Wickelkopf-Streuflusses möglich, wenn gleicher Strominhalt zugrundegelegt wird und die Motoren angenähert gleiche Sättigungsverhältnisse aufweisen. Die einphasigen Meß- und Rechnungswerte unterscheiden sich nur wenig von den entsprechenden Mehrphasenwerten, wie Vergleiche zwischen den Gesamtwerten der Ständer- und Läuferblindwiderstände bei Mehrphasen- und Einphasen-Kurzschlußmessungen beweisen. Bei stark gesättigten, also besonders Kleinmotoren, zeigt sich zwischen den Werten X_{σ_1} für Leerlauf, Lauf und Kurzschluß bei gleichem Strominhalt der Nuten kaum ein Unterschied. Mit zunehmendem Strom verkleinern sich bei allen Betriebszuständen die Streublindwiderstände infolge der Sättigung der Streupfade. [A. Schanz, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 232.]

621. 314. 232 **Transformatoren mit magnetischen Nebenschlüssen.** — Die Streutransformatoren lassen sich entsprechend der Ausführung des magnetischen Nebenschlusses in vier Gruppen einteilen:

1. Solche mit gegeneinander verschiebbaren Spulen, wobei der Streupfad im wesentlichen in Luft verläuft.
2. Solche mit durch Luftspalte unterbrochenem magnetischem Nebenschluß.
3. Solche mit luftspaltfreiem magnetischem Nebenschluß, dessen Widerstand durch auf ihm angeordnete Hilfswicklungen beeinflußt wird.
4. Solche mit luftspaltfreiem magnetischem Nebenschluß ohne sonstige Hilfsmittel. — Diese letztgenannte und zugleich einfachste Form des Streutransformators bildet den eigentlichen Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Durch Formeln und Schaubilder erläutert, werden der Leerlauf- und Belastungsfall untersucht[1]). Dabei kommt der Verfasser zu folgenden Ergebnissen: Beim Leerlauf verhalten sich die Kraftflüsse im Streusteg und im Sekundärschenkel umgekehrt wie die zugehörigen magnetischen Widerstände. Der Kurzschlußzustand ist durch den Leerlaufzustand eindeutig bestimmt und kann nur geändert werden durch Änderung der Abmessungen des Streusteges oder der Wicklungen. Bei Kurzschluß oder auch bei einer beliebigen Belastung ist der erzeugte Kraftfluß nur allein durch die beiden Kraftflüsse der Streu- und Sekundärkreise bestimmt, und der zusätzliche Stromkraftfluß des Sekundärkreises verändert nur die magnetischen Verhältnisse des Streu- und Sekundärkreises. In einem Berechnungsbeispiel werden die aufgestellten Beziehungen an einem Transformator zur Speisung von Handlampen für eine Leistung von 100 VA 220/36 V nachgeprüft und durch Zahlentafeln erläutert. Zum Betriebe von Handlampen eignet sich ein Streutransformator mit Steg besonders gut, da er infolge seiner Kurzschlußsicherheit auf der Sekundärseite keinerlei Sicherungen benötigt. [E. Wirz, Bull schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 98.]

R. K.

621. 314. 222. 045 : 621. 3. 027. 7 **Windungsisolation von Großtransformatoren für sehr hohe Spannungen.** — Um den größten inneren Überspannungen in den Transformatoren, die an Freileitungen angeschlossen sind, zu widerstehen, muß eine ausreichende und zweckmäßig verteilte innere Isolation der Wicklungen angewandt werden, jedoch sind Übertreibungen zu vermeiden. Zu starke Isolation verteuert die Transformatoren und steigert die Verluste; außerdem wird die Kühlung der Wicklung verschlechtert und die mechanische Festigkeit verringert. Die Windungen müssen gegen Dauer- und Stoß-Überschlagspannungen gesichert werden. Die Dauer-Überschlagspannungen liegen etwa bei dem 3,5fachen Werte der effektiven Reihenspannung. Diese oft schwingenden Überspannungen werden sehr gefährlich, wenn sie mit der Grundfrequenz der Wicklung resonieren. Die Höchstwerte der Überspannungen werden von den Stoßüberschlägen erzeugt, die etwa zweimal so groß wie die Dauer-Überschlagspannungen werden können. Bei sehr steilen Blitzwellen, die aber auf der Strecke stark gedämpft werden, treten am Entstehungsort noch höhere Werte auf. Die Transformatorenwicklung unterscheidet sich von der Freileitung durch ihre relativ stärkere innere Kupplung. Für die Spannungsverteilung in der Wicklung ist das Verhältnis f der Erdkapazität zur gegenseitigen Kapazität ausschlaggebend. Courvoisier fand bei Kurzschluß bis tief in die Wicklung Spulenspannungen von etwa 50 % der ankommenden Stoßamplitude. Dies ergibt bei den üblichen Windungszahlen je Einzelspule Windungsbeanspruchungen von etwa 3,5 bis 5 % Stoßamplitude.

Die Anfangsverteilung und die Verschleifung der in die Wicklung eindringenden Wellen hängt von den Wicklungskonstanten ab. Bei möglichst kleinem Verhältnis f ist die Verteilung am günstigsten. Wichtig ist, daß mit zunehmender Drahtisolation f vergrößert, mit wachsendem Isolationsabstand gegen Erde bzw. Unterspannungswicklung f verringert wird. Beim Fortschreiten der Welle in der Wicklung wird die Wellenstirn etwa im Verhältnis $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ mit anfangs schnell fallender Tendenz verschliffen. In diesem Verhältnis soll auch die Isolation auf

[1] Vgl. R. Küchler, ETZ 56 (1935) S. 1149.

Digitized by Google

die Wicklungen aufgetragen werden. In einer Zahlentafel werden die Windungs-Prüfspannungen (10 s-Versuch) für die Eingangs-, Übergangs-, Normal- und Sternpunktwindungen für Großtransformatoren der Reihen 60 bis 200 nach den British Standard Spec., den Vorschlägen von Palueff und denen des Verfassers gegenübergestellt. Auf Grund der Versuchsergebnisse über die Verschleifung der Wellen schlägt der Verfasser vor, die Eingangsisolation auf etwa 30 m, die Übergangsisolation auf etwa 50 m und die Sternpunktsisolation auf etwa 30 m Drahtlänge anzuordnen. Prozentsätze der Totalwindungszahlen hierfür festzulegen, dürfte keinen Sinn haben. Der Sternpunkt führt durch Reflexion Überspannungen gegen Erde, die etwa den doppelten Wert der Spannungen der normalen Spulen erreichen. Es genügt, die Sternpunktwindungen mit einer mittleren Drahtisolation zu versehen. Auf alle Fälle sollte man danach trachten, die Eingangs- und Endwindungen durch die bekannten Endringe zu entlasten. [H. G. Nolen, Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 16.] *R. K.*

Apparate und Stromrichter.

621. 355. 8. 004. 1 **Anwendungen der alkalischen Akkumulatoren.** — Soll der alkalische Akkumulator bei niedriger Temperatur arbeiten und seine Ladung lange behalten, so wählt man Kadmium als Element, bei höheren Anforderungen dagegen verwendet man den Eisenakkumulator. Das besondere Kennzeichen der alkalischen Akkumulatoren ist ihre lange Haltbarkeit, ein Umstand, der bei den Anlagekosten nicht übersehen werden darf. Eine große Anzahl von Kadmium-Nickel-Batterien findet für tragbare Lampen wie auch für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen Verwendung. Bezüglich der Lampen sind an erster Stelle die Grubenlampen zu nennen. In Frankreich haben bereits einige Eisenbahngesellschaften ihre Wagen ganz mit alkalischen Akkumulatoren ausgestattet, und zwar gibt es bereits 20 000 so ausgerüstete Eisenbahnwagen. Die Verwendung der Akkumulatoren für den Kraftwagenantrieb ist durch zwei Tatsachen bedingt: durch die Geschwindigkeit und den Fahrbereich. Wenn die Geschwindigkeit 50 bis 60 km/h nicht zu übersteigen braucht, kann der alkalische Akkumulator mit dem Verbrennungsmotor in Wettbewerb treten. Das ist z. B. der Fall bei Lieferwagen, Müllabfuhrwagen u. dgl. Die Stadt Asnières z. B. hat zwölf Müllabfuhrwagen in Betrieb mit Eisen-Nickel-Batterien für 100 V und 400 Ah als Antriebsmittel. Auch im Kohlenbergbau gibt es so betätigte Förderkarren, ferner zahlreiche Elektrokarren auf Bahnhöfen, Industriewerken usw. [J. Salauze, Rev. du nickel 7 (1936) H. 2, S. 39.] *Kp.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 785 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 403[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihnen die beigesetzten Systemzeichen zuerteilt worden.

I. System 191, die Formen DD 6 und ZD 6, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom,

II. System 192, die Form DV 6, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter,

sämtlich hergestellt von der **Deutschen Zähler-Gesellschaft m. b. H.** in Hamburg.

Berlin-Charlottenburg, den 21. März 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Stark."

Beschreibung[2]):

Zu I.

1. Meßbereiche. Die Zähler der Form DD 6 sind zur Messung des Verbrauches in Drehstromanlagen ohne Nulleiter, die der Form ZD 6 zur Messung des Verbrauches in verketteten Zweiphasenstromanlagen und in Drehstromanlagen mit Nulleiter, wenn nur zwei Außenleiter und der Nulleiter in die Anlage eingeführt sind, bestimmt. Sie können für Nennstromstärken von 3 bis 30 A, für Nennspannung bis 500 V und für die Nennfrequenz 50 Hz beglaubigt werden.

2. Aufbau und Wirkungsweise. Die Zähler sind Induktionszähler mit zwei übereinander angeordneten Triebsystemen, die in ihrem Aufbau und in ihrer Wirkungsweise im wesentlichen dem Triebsystem der in der Bekanntmachung Nr. 331 vom 24. Februar 1933[1]) zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Form W 6 k des Systems 162 entsprechen.

3. Eigenschaften. Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 7,9 bis 9,1 cmg. Sie liefen bei induktionsfreier Drehstrombelastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 47 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu 29 bis 33 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungs- und Stromkreisen bei Nennspannung bzw. Nennstrom belief sich bei einem Zähler für 3 × 110 V 5 A auf etwa 2 × 0,51 W (Spannung) bzw. 2 × 0,82 W (Strom), bei einem Zähler für 3 × 500 V 15 A auf etwa 2 × 0,76 W (Spannung) bzw. 2 × 1,18 W (Strom) und bei einem Zähler für 3 × 110 V 30 A auf etwa 2 × 0,72 W (Spannung) bzw. 2 × 1,57 W (Strom).

Zu II.

1. Meßbereiche. Die Zähler der Form DV 6 dienen zur Messung der verbrauchten elektrischen Energie in Drehstromanlagen mit und ohne Nulleiter bei beliebig verteilter Belastung und bei beliebigen Phasenverschiebungen. Sie können für Nennstromstärken von 3 bis 30 A, für Nennspannungen bis 432 V (verkettet) und für die Nennfrequenz 50 Hz beglaubigt werden.

2. Aufbau und Wirkungsweise. Die Zähler sind Induktionszähler mit drei messenden Systemen der gleichen Art, wie sie die Zähler der Form DD 6 gemäß I dieser Bekanntmachung aufweisen.

3. Eigenschaften. Das Drehmoment der untersuchten Zähler betrug bei Nennlast etwa 10,6 bis 10,9 cmg. Der Anlauf erfolgte bei induktionsloser Drehstrombelastung mit etwa 0,2 bis 0,3 % des Nennstromes. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 47 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu 28 bis 33 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungs- und Stromkreisen bei Nennspannung bzw. Nennstrom belief sich bei einem Zähler für 3 × 110/190 V 5 A auf etwa 3 × 0,48 W (Spannung) bzw. 3 × 0,77 W (Strom), bei einem Zähler für 3 × 250/432 V 15 A auf etwa 3 × 0,52 W (Spannung) bzw. 3 × 1,11 W (Strom) und bei einem Zähler für 3 × 110/190 V 30 A auf etwa 3 × 0,63 W (Spannung) bzw. 3 × 1,61 W (Strom).

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt ferner folgende

„Bekanntmachung Nr. 404[2]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, ist die folgende Elektrizitätszählerform zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihr das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 193, die Form UP 1, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma **Ganz & Co.** in Budapest.

Berlin-Charlottenburg, den 1. April 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Stark."

Beschreibung[3]).

1. Meßbereiche. Die Zähler der Form UP 1 sind zur Messung des Verbrauchs in einphasigen Wechselstrom-Zweileiteranlagen bestimmt. Sie können für Nennstromstärken von 1 bis 10 A, für Nennspannungen von 100 bis

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 87.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 403 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.

[1]) ETZ 54 (1933) S. 502.
[2]) Reichsministerialblatt 1936, S. 99.
[3]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 404. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.

Digitized by Google

400 V und für Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden.

2. Wirkungsweise. Der Zähler ist ein Induktionsmotor, dessen Kurzschlußanker aus Aluminium durch einen Dauermagneten gebremst wird. Das aus einem E- und einem L-förmigen Stück bestehende Spannungseisen mit der Spannungsspule ist oberhalb, das U-förmige Stromeisen mit den beiden Stromspulen ist unterhalb der Aluminiumscheibe angeordnet. Der untere Teil des L-förmigen Spannungseisenstückes ist mit einem Polschuh zur Erhöhung des Drehmomentes versehen.

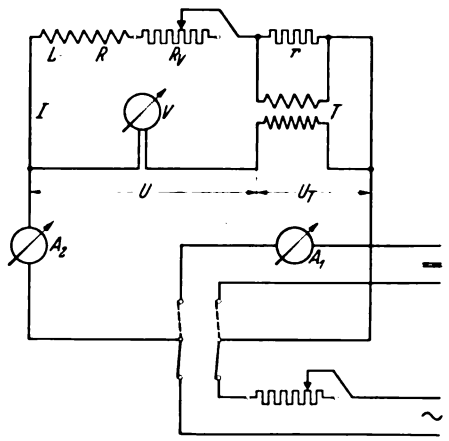
Besondere Einrichtungen sind vorgesehen zur Strekkung der Fehlerkurve des Zählers bei höherer Belastung und zur Einstellung der 90 °-Phasenverschiebung. Eine Hemmfahne dient zur Verhinderung von Leerlauf und eine Regulierscheibe zur Feineinstellung des Bremsmagneten. Der Einfluß von Temperaturänderungen auf die Meßgenauigkeit wird durch einen Winkel aufgehoben, dessen magnetische Durchlässigkeit von der Temperatur abhängig ist.

3. Eigenschaften. Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 3,9 bis 4,8 cmg. Sie liefen bei induktionsfreier Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 26 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu 20 bis 27 U/min festgestellt. Der Eigenverbrauch im Hauptstromkreis betrug etwa 0,32 W bei 5 A und etwa 0,44 W bei 10 A Nennstrom bei der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch im Spannungskreis belief sich auf etwa 0,70 W bei 110 V und auf etwa 0,85 W bei 400 V Nennspannung bei der Frequenz 50 Hz.

621. 317. 39. 083. 9 : 681. 12 **Neue elektrische Übertragungs- und Zähleinrichtung für Durchflußmesser.** — Bei der Messung strömender Gas-, Dampf- und Flüssigkeitsmengen nach dem Differenzdruckverfahren liegt häufig die Aufgabe vor, den mit Drosselgeräten (Blende, Düse, Venturirohr) und Differenzdruckmessern (Schwimmermanometer, Ringwaage) gemessenen Durchfluß durch eine elektrische Zähleinrichtung über die Zeit zu integrieren, um eine Fernzählung der Durchflußmenge zu ermöglichen. In manchen Fällen soll damit noch eine Fernanzeige oder Fernaufzeichnung des Durchflusses verbunden werden. Für derartige Messungen eignen sich die bekannten Verfahren[1]), bei denen der Durchflußmesser am Geberort einen mit ihm mechanisch gekuppelten Widerstandsgeber (Schleifdraht- oder Ringrohrgeber[2]) steuert, dessen jeweiliger Widerstandswert am Empfangsort durch ein elektrisches Anzeige-, Schreib- oder Zählgerät gemessen wird.

W. Geyger beschreibt eine auf dieser Grundlage beruhende Übertragungs- und Zähleinrichtung, bei der die Zählung und die Anzeige bzw. Aufzeichnung in neuartiger Weise mit einer kombinierten Brücken- und Kompensationsschaltung über drei gemeinsame Fernleitungen vorgenommen werden können. Der vom Durchflußmesser gesteuerte, in der Brückenschaltung liegende Widerstandsgeber beeinflußt einen spannungsunabhängigen Induktionszähler[3]), dessen Drehzahl (im Durchflußbereich von 10 bis 100 % auf ± 1 % vom Sollwert genau) dem jeweiligen Durchfluß verhältnisgleich ist. Die mit der Brückenschaltung vereinigte, zur Fernanzeige oder Fernaufzeichnung des Durchflusses dienende Kompensationsschaltung wird durch ein gleichzeitig als Nullinstrument und Umkehrmotor (als „Nullmotor"[4]) wirkendes Induktionszähler-Meßwerk selbsttätig abgeglichen, das auf den Zeiger eines Anzeigegerätes (mit großer, z. B. 270 ° umfassender Skala) oder auf die Schreibvorrichtung eines Tintenschreibers einwirkt. Der zulässige Höchstwiderstand der drei Fernleitungen beträgt bei Freileitungen je 20 Ω und bei unter Erde verlegten Kabeln je 80 Ω. [W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 240.]

621. 317. 73 **Direkt zeigender Selbstinduktionsmesser.** — Maurice Robert und Jules Foglia beschreiben ein Selbstinduktionsmeßgerät mit direkter Ablesung, dem die in Abb. 2 gekennzeichnete Schaltung zugrunde liegt. Die zu untersuchende (eisenfreie oder einen Eisenkern besitzende) Spule L, R und die mit ihr in Reihe geschalteten Hilfswiderstände R_V, r werden mit dem Wechselstrom I von der Frequenz f beschickt. Der dem Wirkwiderstand $R + R_V + r$ entsprechende Spannungsabfall $I(R + R_V + r)$ wird durch eine aus Widerstand r und Transformator T (Spannungswandler mit sehr geringem Eigenverbrauch) bestehende Kunstschaltung kompensiert. Durch geeignete Bemessung von r und des Übersetzungs-



L, R	Selbstinduktionsspule	A_2	Strommesser für Wechselstrom
R_V, r	Hilfswiderstände	I	Strom in der Spule L, R
T	Spannungswandler	U_T	Sekundärspannung von T
V	Spannungsmesser	U	von V angezeigte Spannung
A_1	Strommesser für Gleichstrom		

Abb. 2. Schaltung des Selbstinduktionsmessers nach M. Robert und J. Foglia.

verhältnisses von T läßt sich erreichen, daß die Sekundärspannung U_T des Transformators T gleich dem Spannungsabfall $I(R + R_V + r)$ ist. Dies kann durch eine Gleichstrommessung (z. B. mit dem Strommesser A_1) festgestellt werden. Aus der vom Spannungsmesser V (z. B. Röhrenvoltmeter oder Drehspulinstrument mit Kupferoxydul-Gleichrichter) angezeigten Spannung U und dem vom Strommesser A_2 angezeigten Strom I läßt sich dann die zu messende Selbstinduktion L nach der Gleichung

$$L = U/I \cdot 2\pi f$$

berechnen. Wenn statt der Effektivwerte der arithmetische Mittelwert U_{mi} und der Scheitelwert I_{max} mit entsprechend ausgebildeten Meßgeräten bestimmt werden, ergibt sich L aus der Beziehung

$$L = \Phi_{max}/I_{max} = U_{mi}/I_{max} \cdot 4f.$$

Bei der Untersuchung von eisenfreien Spulen wird der Strommesser A_2 auf einen bestimmten, bei allen Messungen gleichbleibenden Ausschlag eingestellt und L an der in Henry geeichten Skala des Spannungsmessers V unmittelbar abgelesen. Handelt es sich um Spulen mit Eisenkern, so werden die Instrumente A_2 und V mit ihren beiden Zeigern nach Art der Kreuzzeiger-Quotientenmesser vereinigt, wobei die von der Stromstärke von I abhängige Selbstinduktion L am Kreuzungspunkt der beiden Zeiger direkt ablesbar ist. [M. Robert u. J. Foglia, Rev. gén. Electr. 39 (1936) S. 282.] *Ggr.*

621. 317. 732 : 621. 317. 37 **Fehlwinkelmessungen an Widerständen mit Nieder- und Tonfrequenz.** — Einen ohmschen Widerstand für Wechselstrom kann man im Ersatzbild auffassen als den reinen ohmschen Widerstand R in Reihe mit einer Selbstinduktion L und parallel zu beiden eine Kapazität C. Es ist dann die Phasenverschiebung des Widerstandes bei der Kreisfrequenz ω:

$$\operatorname{tg}\varphi = \omega\left[\frac{L}{R} - RC - \frac{\omega^2 C L^2}{R}\right] = \omega\tau.$$

Bei kleinem C und L ist annähernd: $\tau = L/R - RC$. τ heißt die Zeitkonstante des Widerstandes.

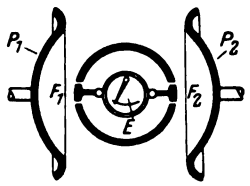
Die Messung der Zeitkonstante erfolgt bei Niederfrequenz durch Stromspannungsmessung des Scheinwiderstandes oder in einer der bekannten Brücken- oder Kom-

[1]) Vgl. z. B. W. Geyger, Arch. techn. Messen V 389-5 (Mai 1933).
[2]) Vgl. G. Keinath: Die Technik elektrischer Meßgeräte, 3. Aufl. Bd. 2, S. 170. München: R. Oldenbourg 1928.
[3]) DRP 334 515 vom 12. 3. 1919.
[4]) Vgl. W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 842.

Digitized by Google

pensationsverfahren. Bei Tonfrequenz wird entweder die „wirksame" Induktivität bzw. Kapazität gemessen, z. B. mit der von Giebe verbesserten Maxwellbrücke bzw. mit einer Andersonbrücke, oder man vergleicht direkt mit einem Zeitkonstantennormal. Man wählt im allgemeinen eine gleicharmige Brücke mit festem Vergleichspaar und nötigenfalls veränderbarem Normal (Brücke von Young) oder mit einem gegebenen Normal und veränderbarem Vergleichspaar. Zum Phasenausgleich werden Kapazitäten in Parallel- oder Reihenschaltung oder veränderbare Selbstinduktionen in Serienschaltung benutzt. Eine Brücke mit veränderbaren Kondensatoren als Vergleichspaar ist neuerdings von Wirk angegeben worden. [K. W. Kögler, Arch. Techn. Mess. V 354-1, Okt. 1935.] *Krt.*

621. 317. 722. 027. 3 **Elektrostatische Voltmeter mit Spannungsteilung.** — Bei den elektrostatischen Voltmetern wächst deren Kapazität mit dem Ausschlag. Bei der Verwendung von kapazitiven Spannungsteilern zur Spannungsmessung muß dieser Umstand berücksichtigt werden. Bei dem Hochspannungsteiler von Hartmann & Braun für 600 kV werden 18 Porzellankondensatoren in Reihe geschaltet. Ein Schutzschirm von 3 m Dmr. oben auf dem Spannungsteiler macht die Spannungsteilung von Fremdfeldern unabhängig. Im Fuß ist ein Niederspannungskondensator hoher Kapazität eingebaut, dem ein Multizellular-Voltmeter für etwa 500 V parallel geschaltet ist, das parallel noch eine Glimmröhre zur Messung der Zündspannung trägt. Siemens & Halske benutzt Hochspannungsdurchführungen. Für kleine Spannungen verwendet man als Spannungsteiler auch Widerstände. Auch Kugelfunkenstrecken können als Spannungsteiler verwendet werden. Besonders bekanntgeworden ist hier die Schaltung von Haefely, ferner die Anordnungen von Holzer und von Ryal. Churcher und Dannath haben eine besondere Form der Kondensatoren zur Vermeidung des Einflusses von Feuchtigkeit und Staub angegeben.



P_1, P_2 Kugelkalotten
F_1, F_2 kreisförmige Ausschnitte
E Innenkugel

Abb. 3. Kugel-Voltmeter nach Sterzel.

Zur Messung hoher Gleichspannung legt van den Akker die hohe Gleichspannung U_1 kurzzeitig an einen Hochspannungskondensator von der kleinen Kapazität C_1. Dieser wird dann mit einem Niederspannungskondensator von der großen Kapazität C_2 verbunden, dem ein elektrostatisches Voltmeter parallel geschaltet ist, das die kleine Spannung U anzeigt. Es ist dann $U_1 = U_2 \frac{C_1 + C_2}{C_1}$. In den V. S. Amerika benutzt man neuerdings einen Spannungsmesser, bei dem zwischen den beiden Hochspannungselektroden ein in zwei Teile geteilter Zylinder umläuft, dessen Ladung über Schleifringe einem Milliamperemeter zugeführt wird. Beim Kugelvoltmeter von Sterzel (Abb. 3) sind die beiden Hochspannungselektroden als Kugelkalotten P_1 und P_2 ausgebildet, zwischen denen eine Kugel E liegt, die sich auf ein mittleres Potential der beiden Elektroden auflädt. Die kreisförmigen Ausschnitte F_1 und F_2 zeigen eine Potentialdifferenz, die mit dem innerhalb der Kugel liegenden statischen Voltmeter gemessen wird.

Das statische Voltmeter von Bestelmeyer dient zur Messung kleiner Spannungen (20 V). Es ist ein Nadelelektrometer. Beide Nadelhälften schwingen in je einer Kammer, so daß man zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren (Kammer 1 — Nadel und Nadel — Kammer 2) hat und jede Kammer auf der halben Spannung liegt. [A. Palm, Arch. Techn. Mess. J 763—1, Okt. 1935.] *Krt.*

Elektrowärme.

621. 364. 14 : 629. 113 **Elektrische Heizeinrichtung für Automobilkühler.** — In einer Garage für zwölf Straßenreinigungs-Fahrzeuge in Edinburgh wurde eine neue Einrichtung zum Anwärmen des Kühlwassers der Benzinmotoren eingebaut. Die flachen elektrischen Heizkörper für 900 W Leistung sind direkt an die Kühlmäntel der Motoren angebaut. Diese Heizkörper werden über dreipolige Steckvorrichtungen an das Heizstromnetz der Garage angeschlossen. Ein Anzapfumspanner vermindert die Stadtnetzspannung von 3 × 400 V auf 110 V, wobei durch oberspannungsseitige Anzapfungen eine weitere Verminderung der Heizspannung möglich ist. Die niedrige Heizspannung von nur 110 V war erforderlich, um bei der Feuchtigkeit des Fußbodens und der Isolierung der Wagen durch die Gummibereifung eine Gefährdung des Bedienenden zu verhindern. An die Niederspannungsanzapfungen sind über Sicherungen 12 Steckdosen angeschlossen. Die Regelung der Heizung erfolgt von der Oberspannungsseite des Umspanners aus dadurch, daß über ein Schütz die Netzspannung an zwei verschiedene Anzapfungen gelegt und hierdurch die Heizspannung geändert wird. Man hat so eine Stufe, auf der die Heizkörper 900 W aufnehmen, für schnelle Anwärmung morgens vor der Ausfahrt, und eine Stufe für 200 W Leistung für Dauerheizung während der Nacht zur Verhinderung des Einfrierens. Das Umschaltschütz wird durch eine elektrische Schaltuhr in Abhängigkeit von der Zeit elektromagnetisch gesteuert. Die Anlage arbeitet sicher und zuverlässig und erfordert geringere Heizkosten und kleineren Raumbedarf als die üblichen Heizeinrichtungen für den ganzen Garagenraum. [D. G. Sandeman, Electr. Rev. 118 (1936) S. 383.] *Dtt.*

621. 364. 6 : 621. 315. 616. 96. 002. 53 **Die elektrische Heizung von Formpressen.** — Formpressen, wie solche zum Pressen von Bakelite u. dergl., wurden früher durch Dampf oder Warmwasser oder Gas geheizt, bei den neuzeitlichen Ausführungen zieht man die elektrische Heizung der Preßplatten infolge der Einfachheit ihrer Arbeitsweise und Einrichtungen, der Sauberkeit des Betriebes, der guten Temperaturverteilung, der leichten Überwachung und befriedigenden Leistung vor. Wenn einige elektrisch geheizte Formpressen nicht sofort den erwarteten Erfolg zeitigten, so lag der Grund hauptsächlich an einer ungenügenden technischen Einrichtung. Die Erwärmung einer Preßplatte bedingt eine bestimmte kW-Menge, deren Höhe sich richtet nach der zu erzielenden Temperatur, der Plattengröße und der Zeit für die Erzielung und Beibehaltung der betreffenden Temperatur. Für die Sicherung einer Arbeitstemperatur der Platten von 175 ° genügt in den meisten Fällen eine Leistung von 2 W je cm² Plattenfläche. Man hat mit Erfolg auch nach einem der früheren Verfahren geheizte Formpressen auf die elektrische Heizung umgestellt. [M. Bonnemort, Rev. chauf. électr. 4. (1936) S. 45.] *Kp.*

621. 365. (437) **Elektrische Schmelzöfen in Stahlwerken und Gießereien der Tschechoslowakei.** — Die in den meisten industriellen Ländern wahrnehmbare Zunahme der Werkstofferzeugung aus dem elektrischen Ofen gilt auch für die Tschechoslowakei. So stehen bei den Skodawerken in Pilsen 4 Lichtbogenöfen (Bauart Héroult-Lindenberg) mit basischem Herd für 6 und 10 t Inhalt. Man erzeugt mit ihnen Stahlblöcke, dann Stahlguß, und zwar gewöhnlichen Kohlenstoff-Stahl und legierte Stähle. Je nach der Zusammensetzung des Stahles und nach der Wärmebehandlung verwirklicht man in Stahlgußstücken Zugfestigkeiten von 40 bis 85 kg/mm² und Dehnungen von 14 bis 30 %. Die Poldi-Hütte in Kladno verfügt über 2 Induktionsöfen, Bauart Kjellin, von je 5 t, über 1 Induktionsofen, Bauart Frick, von 15 t, über einen Lichtbogenofen, Bauart Héroult-Fiat, von 5 t Inhalt, sowie über verschiedene kleinere Versuchsöfen. Man plant hier die Aufstellung von 2 Hochfrequenzöfen von 1 bzw. 5 t Inhalt. Auf anderen Werken stehen dann noch weitere 10 elektrische Öfen, von denen die meisten Lichtbogenöfen sind. Außer Stahl und Stahlguß wird auch an einigen Stellen hochwertiges legiertes Gußeisen erzeugt, vor allem Ni-Cr-, Cr-, Mn-, Mo-Gußeisen. [J. Four électr. 45 (1936) S. 92.] *Kp.*

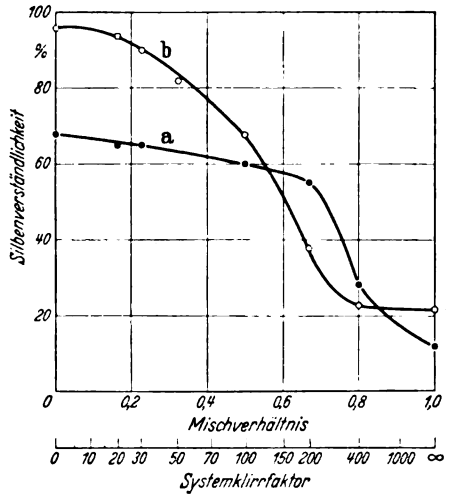
621. 364. 5. 078 **Selbsttätige Kochregelung.** — In England hat man, nachdem auch bei Gasherden mehr und mehr die selbsttätige Kochregelung eingeführt worden ist, ähnliche Versuche auch bei Elektroherden gemacht. Die Beurteilung der damit gemachten Erfahrungen ist sehr unterschiedlich. Als vorherrschend kann die Meinung angesehen werden, daß die Einführung selbsttätiger Temperaturregler an elektrischen Herden zwar vom Wärmestandpunkt aus gewisse Vorzüge hat, jedoch vom kochtechnischen Standpunkt aus nicht nötig ist. Eine aufmerk-

Digitized by Google

same Hausfrau bzw. ein guter Koch kann die gleichen Kochergebnisse mit selbsttätiger und mit Handregelung erzielen. Bei einem Vergleichskochen wurde allerdings während eines Monats eine Stromersparnis von 43 % bei selbsttätiger Regelung erzielt. Dem steht anderseits entgegen, daß der Anschaffungspreis des Elektroherdes sich durch den Einbau des selbsttätigen Temperaturreglers erhöht. Seitens der Industrie wird ferner das Bedenken geäußert, daß bei einer Einführung der selbsttätigen Kochregelung alle die Hausfrauen, die bereits ältere Elektroherde besitzen, den Wunsch äußern, den Regler noch nachträglich einzubauen, was aber nicht nur auf technische Schwierigkeiten stößt, sondern auch mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden ist. [E. L. Hough, Electr. Rev., Lond., 118 (1936) S. 195.] *Mö.*

Fernmeldetechnik.

621. 395. 5 : 621. 395. 8 **Die nichtlineare Verzerrung in langen Fernsprechkabeln und ihr Einfluß auf die Verständlichkeit der Sprache.** — Durch zwei Erfindungen ist die Entwicklung der Fernmeldetechnik auf den heutigen Stand ermöglicht worden: die Erfindung der Verstärkerröhre und die der Pupinspule. Gleichzeitig mit den Vorteilen, die diese Erfindungen gebracht haben, ist aber eine neue Art der Verzerrung aufgetreten: die



a gewöhnliche Teilnehmerstationen
b hochwertige Sende- und Empfangstationen

Abb. 4. Verständlichkeit und Klirrfaktor.

nichtlineare Verzerrung, die durch die nichtlinearen Eigenschaften der Verstärkerröhre und der Pupinspule hervorgerufen wird. Jede über eine mit Verstärkern und eisenhaltigen Spulen ausgerüstete Leitung übertragene Nachricht wird verzerrt, so daß am Ende außer der linearen Nachricht noch eine nichtlineare Nachricht eintrifft. Da jede Nachricht aus einer Summe von Sinusfrequenzen besteht, bilden sich durch die Nichtlinearitäten Obertöne, Summen- und Differenztöne der ursprünglichen Frequenzen. Da diese neu erzeugten Frequenzen mit den ursprünglichen Frequenzen zusammenfallen können, ergeben sich am Ende der Leitung Veränderungen der einzelnen Amplituden. Ein Maß für die Nichtlinearität einer Leitung stellt der Klirrfaktor dar, der gegeben ist durch das Verhältnis des Effektivwertes der Oberwellen zu dem Effektivwert der Grundwellen. Für die Beurteilung der Nichtlinearität sind Verständlichkeit und Stabilität maßgebend.

Für die Bestimmung des Zusammenhanges zwischen Klirrfaktor und Verständlichkeit ist es zunächst notwendig, den Höchstwert der am Leitungsanfang auftretenden Sprachspannungen zu bestimmen. Die Messung mit dem Impulsmesser, einem Röhrenvoltmeter mit sehr kleiner Integrationszeit (20 ms), hat als höchste Sprachleistung etwa 10 mW ergeben, und zwar tritt diese Sprachleistung in dem Frequenzbereich 600 bis 1200 Hz auf. Die Abhängigkeit der Verständlichkeit von der Nichtlinearität wurde mit einer Schaltung bestimmt, bei der durch einen nichtlinearen Generator (Gegentaktschaltung zweier Verstärkerröhren) aus der ursprünglichen linearen Nachricht eine nichtlineare Nachricht erzeugt wurde, die durch eine besondere Mischschaltung zu der linearen Nachricht in bestimmtem Mischverhältnis hinzugefügt werden konnte. Die Verständlichkeitsmessungen wurden mit künstlichen Silben durchgeführt; durch vier Beobachter wurde festgestellt, welcher Vomhundertsatz einer großen Anzahl gesprochener Silben richtig verstanden wurde. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt die Abb. 4. Schaulinie *a* gilt für gewöhnliche Teilnehmerstationen, Schaulinie *b* für besonders hochwertige Sende- und Empfangsstationen. Man erkennt, daß bei den heutigen Eigenschaften der Teilnehmerstationen eine Verminderung der Verständlichkeit erst bei einem Mischverhältnis von 0,5 (Systemklirrfaktor: 100 %) bemerkbar ist. Bei den hochwertigen Stationen tritt eine merkliche Verständlichkeitsminderung schon bei einem Klirrfaktor von 20 % auf. Der an langen Fernkabelleitungen vorhandene Klirrfaktor ist jedoch wesentlich kleiner: bei einer Vierdrahtleitung von 7000 km Länge (100 Verstärker) ist der Klirrfaktor etwa 10 %. Eine Beeinflussung der Verständlichkeit durch die Bildung von nichtlinearen Schwingungen ist also nicht zu erwarten.

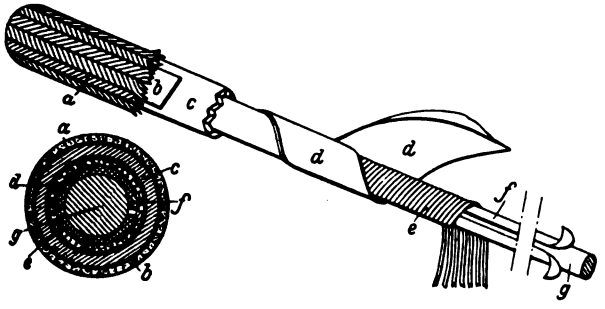
Die Stabilität einer Fernkabelleitung, d. h. die Verhinderung des Auftretens von Selbsterregung, wird durch Nichtlinearitäten herabgesetzt, da die Restdämpfung von der übertragenen Leistung nicht mehr unabhängig ist. Es müßte durch Messungen an einer großen Zahl von Leitungen festgestellt werden, welche Abweichungen der Restdämpfung bei bestimmten Eingangsleistungen zulässig sind. [F. G. Lüschen, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 25 (1936) S. 27.] *Mts.*

621. 318. 4. 029. 5 **Über die Wirkung von leitenden Hüllen bei Hochfrequenzspulen.** — Um schädliche Kopplungen zu vermeiden, werden die Spulen in der Hochfrequenztechnik in leitende Hüllen eingeschlossen. Hierdurch ergibt sich eine Rückwirkung auf die elektrischen Eigenschaften der Spule, die sich in einer Änderung des Wirkwiderstandes sowie der Induktivität ausdrückt. R. Bachstroem gibt ein Verfahren an, nach welchem Schaubilder errechnet wurden, aus denen diese Rückwirkungen, und zwar die Wirkwiderstandserhöhung und die Induktivität entnommen werden können. Der Berechnung wurde eine zylindrische Spulenform zugrunde gelegt, die wohl in der Praxis die üblichste ist. Ebenfalls ist die Schirmhülle zylindrisch angenommen worden, wobei sie beiderseitig durch ebene Deckel vollkommen geschlossen sein soll. Zur Berechnung sind folgende Voraussetzungen gemacht worden: 1. Die Schirmwirkung soll praktisch so vollkommen sein, daß das magnetische Feld als durch den Schirm begrenzt angesehen werden kann, 2. die Feldausbreitung quasistationär ist, 3. die Eindringtiefe des Feldes in die Schirmhülle so klein ist, daß die rückläufige Welle innerhalb des Abschirmbleches vernachlässigt werden kann. Auf Grund dieser Annahmen wird das magnetische Feld einer dem Achsenschnitt der Spule entsprechenden zweidimensionalen Anordnung berechnet; dieses Feld kann dann angenähert auf das zylindrische Feld übertragen werden. — Für verschiedene Spulenformen und Abschirmungsflächen wurden die Wirkwiderstandserhöhung und die Induktivität berechnet, so daß für jede Zeitkonstante bei einer gegebenen Spule sofort die günstigsten Abschirmungsmaße entnommen werden können. Durch Vergleichsmessungen sind einige Werte geprüft worden; es ergaben sich Fehler bis höchstens 3,2 %, so daß die Genauigkeit in annehmbaren Grenzen liegt. Zum Schluß werden Formeln für die magnetische, elektrische und Leistungsdämpfung angegeben, die unter der Voraussetzung errechnet wurden, daß eine ebene elektromagnetische Welle auf eine ebene Wand einfällt. Für verschiedene Abschirmungsbleche und -formen werden diese Formeln auf ihre Brauchbarkeit geprüft. [R. Bachstroem, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 267.]

621. 315. 212. 1 : 614. 84 **Temperaturempfindliches Überwachungskabel.** — Für Zwecke der Temperaturüberwachung von Räumen, insbesondere für Schiffe, wurde ein Sonderkabel entwickelt, welches in der Ansicht und im Schnitt durch die Abb. 5 dargestellt ist. Dieses Kabel enthält einen äußeren Kupferleiter und einen leicht schmelzbaren Innenleiter, welcher sich in einem längsgeschlitzten Rohre befindet und bei einer Temperatur von 60 ° durch Auslaufen Kurzschluß mit dem Außenleiter

Digitized by Google

macht. Diese Temperatur ist durch eine große Zahl von Versuchen als zweckmäßig gewählt worden, jedoch werden für Sonderzwecke auch Kabel für 80, 100 und 130 ° hergestellt. Unter Verwendung des Kabels wurde ein Überwachungssystem entwickelt und an Bord des Dampfers „Président Doumer" als Feuermeldeanlage eingebaut. Das Kabel ist durch die zu überwachenden Räume gelegt. Als Vorteil dieses Verfahrens gegenüber einer punktweisen Überwachung führt man, daß an Stelle empfindlicher, störbarer Überwachungsorgane ein in großen Mengen



a äußere Umkleidung
b Kennfarbenband
c Kautschuk-Isolation
d äußerer Leiter
e Fibra-Isolation
f innerer Leiter (längsgeschlitztes Stahlrohr)
g Seele (leicht schmelzbare Legierung)

Abb. 5. Ansicht und Schnitt des temperaturempfindlichen Kabels.

hergestelltes Sonderkabel getreten ist, das keinerlei Kontakte besitzt, welche atmosphärischen Einwirkungen oder Korrosion durch das Seewasser unterliegen. Die mechanische Festigkeit des Kabels soll beträchtlich sein. — Die zur Überwachungsanlage gehörigen Relais sind die in der Telephonie normal gebräuchlichen. Sie werden auf einer leicht zugänglichen Tafel angeordnet. Wie allgemein bei derartigen Anlagen üblich, werden „Störung" und „Feueralarm" unterschieden. [Génie civ. 58 (1936) S. 190.]

W. Schr.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

537. 523. 5 **Die Kennlinie der kurzdauernden stromstarken Lichtbogenentladung.** — Auf kathodenoszillographischem Wege untersucht A. Wallraff den Verlauf der Bogenspannung beim zündenden und vollentwickelten stromstarken Lichtbogen (Scheitelwert 5 bis $7 \cdot 10^3$ A). Der kurzdauernde Lichtbogen wird dabei durch kurzschlußartige Entladung großer Kondensatoren unterhalten. Die starken Ströme machen einen besonderen Aufbau der Meßentladungsstrecke erforderlich. Es ergibt sich, daß die Zündung des Lichtbogens auch in diesem Falle erfolgt über eine Glimmentladung mit absinkender Brennspannung als Übergangszustand, der in der Entladungsstrecke die Temperatur- und Ionisationsverhältnisse für den nachfolgenden Bogen aufbaut. Dieser Übergang vollzieht sich so rasch, daß auch bei diesen starken Strömen die Entladung bereits höchstens 10^{-6} s nach der Zündung mit Bogenkennlinie brennt. Hierbei ist die Bogenspannung unabhängig vom Bogenstrom, in ihrem Verlauf fehlen die vom Wechselstrombogen technischer Frequenz bekannten Zünd- und Löschspitzen. (A. Wallraff, Z. techn. Physik 17 (1936) S. 44.] *V. B.*

Werkstatt und Baustoffe.

621. 315. 668. 1 : 674. 048 **Tränkung grüner Kiefernmaste auf einfach hergerichteten Plätzen.** — Die Alabama Power Company in Birmingham berichtet über einen Versuch mit dem in Deutschland entwickelten und mehrfach erprobten Osmoseverfahren, das zu seiner Anwendung weder einer besonderen Tränkungsanlage noch der sonst üblichen Tränkungsvorrichtungen bedarf. Behandelt wurden 600 etwa 10 m lange Maste. Als Schutzstoff wurde „Osmosar", ein Salzgemisch, verwendet, das hinsichtlich seiner Zusammensetzung aus Fluornatrium, Kaliumbichromat, Dinitrophenol und Natriumarsenat den in Deutschland verwendeten chromarsenhaltigen Salzgemischen entspricht. Die Maste wurden aus nahe der Gebrauchsstelle gelegenen Waldungen bezogen und unmittelbar nach dem Fällen auf dem für die Schutzbehandlung und Stapelung ausgewählten Platz entrindet, entbastet und zugerichtet. Das Salzgemisch wurde mit Wasser zu einer Paste verrührt und in dieser Form auf die Maste aufgetragen; verbraucht wurden etwa 4 kg Salz/m³ Holz. Träger des Salzes auf dem Wege in das Holz ist die natürliche Feuchtigkeit des grünen Holzes; man führt diese Wanderung des Giftstoffes auf osmotische Vorgänge und Diffusion zurück. Die Lagerung der gestrichenen Maste in mit wasserundurchlässigem Papier völlig eingedeckten Stapeln dauerte 60 bis 90 Tage. An Hand von nach dieser Zeit wahllos entnommenen Bohrkernen wurde die ausreichende Durchtränkung der Maste festgestellt; die Ergebnisse von 17 dieser Untersuchungen sind in der Zahlentafel 1 zusammengestellt. Die Maste wurden vor dem

Zahlentafel 1.

Nr.	Bohrkern		Mastdurchmesser an der Bohrstelle (geschätzt)	Eindringungstiefe	
	Gesamtlänge cm	Länge bis zur Stammachse cm	cm	Dinitrophenol cm	Fluornatrium cm
1	13,3	8,3	17,8	1,9	3,8
2	12,7	8,9	18,4	1,3	5,1
3	14,0	7,0	15,9	1,0	5,7
4	12,7	8,3	17,8	1,3	5,1
5	15,9	12,1	25,4	1,0	6,4
6	15,9	10,2	20,3	0,6	7,0
7	15,9	8,9	18,4	0,6	6,4
8	14,6	9,5	20,3	0,6	5,7
9	14,0	7,6	16,5	1,3	7,0
10	16,5	8,3	17,8	1,0	7,6
11	15,2	10,2	21,6	1,0	7,6
12	12,7	9,5	20,3	1,3	7,6
13	14,6	10,8	22,9	1,3	7,6
14	12,7	10,2	21,6	1,0	6,4
15	10,8	8,3	17,8	?	5,7
16	13,3	7,6	16,5	0,6	7,0
17	12,1	10,8	22,9	0,6	8,9

Einbau am Zopf, am Stammende und an der Einspannstelle mit einem wasserabweisenden Asphaltanstrich versehen. Ein Urteil über die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird nicht gegeben; es wird aber seine besondere Brauchbarkeit für Gegenden unterstrichen, in denen geeignetes Mastenholz ohne Schwierigkeit erhältlich ist, frachtgünstig liegende Tränkungsanlagen aber nicht vorhanden sind. [E. C. Thompson, Electr. Wld. 106 (1936) S. 25.] *Hrm.*

621. 315. 616 **Neue Isolierstoffe in England.** — Über die Entwicklung der Isolierstoffe in England berichtet A. R. Dunton. Die Verwendung von „Elephantide", einem Preßspan, der durch sorgfältige Überwachung der Herstellung elektrisch hochwertig ist, ist jetzt in 183 cm breiten Rollen beliebiger Länge herstellbar. Unter dem Namen „Premix" wird von einer Papierfabrik ein Werkstoff in den Handel gebracht, der aus mit Kunstharz imprägniertem Papier oder Pappe besteht und unter Druck und Hitze zu Platten, Rohren oder Formkörpern verpreßt wird. Der Werkstoff hat schon zur Aufnahme von Heizkörpern für niedrige Temperaturen Anwendung gefunden und sich bei hoher Feuchtigkeit bewährt. Die Eigenschaften werden wie folgt angegeben:

Spez. Gewicht	1,28 bis 1,36
Wasseraufnahme	
nach 24 h	1,25 „ 3,5 %
„ 7 Tagen	3,7 „ 9 %
Elektrische Festigkeit	
unter Öl bei 20°	16 kV/mm
„ „ „ 90°	7,5 kV/mm
Zugfestigkeit	
Richtung A	630 kg/cm²
„ B	990 kg/cm²
Druckfestigkeit	2800 kg/cm²
Scherfestigkeit	840 kg/cm²

Die angegebenen hohen Werte der mechanischen Festigkeit werden nicht immer mit Sicherheit erreicht. Versuche mit ähnlichen Werkstoffen sind auch in Deutschland bereits durchgeführt worden. Zellulose-Azetat-Filme werden als Zwischenlagen in Spulen benutzt. Die Eigenschaften der Filme werden zur Zeit von der Electrical Research Association in London erforscht. Zur Isolation dünner Drähte werden Schläuche aus Zellulose-Azetat hergestellt, während in Amerika die Lackdrähte zusätzlich mit Folieband umwickelt werden, das durch Erwärmung auf eine bestimmte Temperatur zu einem Schlauch ver-

Digitized by Google

schweißt. Beim Bau von Hochspannungsschaltern werden „Tufnol", Isolierpreßstoffstäbe und -rohre verwendet. Die Stücke, etwa 35 cm lang, halten einer Spannungsbeanspruchung von 200 kV unter Öl von 20 ° während 1 min stand. An Stelle des Isolierstoffes können besonders imprägnierte Hölzer benutzt werden, die eine Zugfestigkeit von 2100 kg/cm² besitzen. Wasserklare, gummierte Bänder sind aus Amerika unter dem Namen „Durex" eingeführt worden. Sie sind in allen Farben zur Bezeichnung der Phasen an Schalttafeln und als Isolierband verwendet worden. „Clarefoil" ist ein entsprechendes englisches Erzeugnis auf Zellulose-Azetat-Grundlage. Asbestbänder mit einer Dicke bis zu 0,2 mm müssen sorgfältig auf leitende Einschlüsse geprüft werden. Ein Prüfgerät hierzu wird beschrieben. Biegsame Isolierrohre aus „Symite" haben sich in Hochspannungs-Schaltanlagen bewährt. Für die Isolierpreßstoffe wird eine Klasseneinteilung entsprechend der kennzeichnenden Eigenschaften der Stoffe angegeben. Die neuesten Stoffe sind „Perspex" und „Diakon", beide wasserklar durchsichtig mit guten elektrischen Eigenschaften; als kriechstromsicherer Werkstoff wird „Scarab" empfohlen. Unter dem Namen „Pacowire" sind Drähte im Handel, die bei drei und mehr Lagen Papierisolation einen Durchmesser von 0,1 mm besitzen. Auch Lackdrähte werden zusätzlich mit diesen dünnen Lagen Papier umgeben und erhöhen die elektrische Sicherheit und den Wirkungsgrad der daraus hergestellten Spulen. [A. R. Dunton, Electrician 116 (1936) S. 135.] *Ptf.*

Energiewirtschaft.

627. 8 : 621. 311 **Neue Talsperren im Ostharz mit Wasserkraftnutzung.** — Für die weitere Entwicklung der mitteldeutschen Industrie und der damit verbundenen Erhöhung der Bevölkerungsdichte zwischen Harz und Elbe ist „der Bodeausbau und seine wasserwirtschaftlichen Aufgaben", worüber Winter, Quedlinburg, am 19. 3. d. J. im Reichsverband der Deutschen Wasserwirtschaft sprach, von größter Bedeutung. Das Grundwasser in diesem Gebiet ist infolge der geringen Niederschläge knapp und muß zur Erhaltung des landwirtschaftlichen Ertrages geschont werden; das Flußwasser ist durch industrielle Abwässer stark verschmutzt, so daß es sich teilweise zu Trinkwasser nicht mehr aufbereiten läßt. Dagegen würde eine wirksame Ausnutzung des Bodewassers eine wirtschaftliche Versorgung mit Wasser für Trinkzwecke und Landeskultur auf einen Umkreis von über 100 km Halbmesser ermöglichen. Geplant sind als Hauptspeicher die Rappbodesperre mit 94 Mill m³ Inhalt und drei kleinere Speicher mit Talsperren in Wendefurt in der kalten und warmen Bode mit zusammen 20 Mill m³. In den Talsperren ist ein Hochwasserschutzraum von etwa 20 Mill m³ freigehalten. Das Wasser wird von Thale in zwei Rohrsträngen nach Leipzig und Magdeburg geleitet und zuvor in Wasserkraftwerken an der Rappbodesperre und in Thale zur Erzeugung elektrischen Stromes ausgenutzt. Im ganzen sind etwa 250 m Gefälle verfügbar, die eine jährliche Ausbeute von rd. 50 Mill kWh ermöglichen. Im Rahmen des ganzen Bodeausbaus fällt diese Energie recht preiswert an und wäre für die Volkswirtschaft verloren, wenn nicht der Bodeausbau auch den Aufgaben des Hochwasserschutzes, der Wasserversorgung, der Landeskultur vornehmlich dienen soll. [Winter, Vortrag am 19. 3. 1936 im Reichsverband der Deutschen Wasserwirtschaft.] *Pge.*

AUS LETZTER ZEIT.

Höchstdruck-Dampfspeicheranlage im Elektrizitätswerk Wien. — Um die Stromversorgung weitgehend sicherzustellen, hat sich die Gemeinde Wien vor kurzem entschlossen, in ihrem Kraftwerk Simmering eine Bereitschaftsanlage nach neuesten technischen Gesichtspunkten zu errichten. Der wesentliche Teil dieser Einrichtung ist eine Höchstdruck-Dampfspeicheranlage, deren Schaltung und konstruktive Durchbildung ganz neuartig sind. Die Speicheranlage besteht aus 8 normalen Höchstdrucktrommeln für 120 at; sie gibt ihren Dampf in die vorhandenen 32 at-Turbinen, ohne an diesen eine Änderung notwendig zu machen. Die höchste Speicherleistung ist im jetzigen Ausbau mit 30 000 kW festgelegt bei einer Kapazität von etwa 4000 kWh. Die Speicheranlage dient dazu, im Störungsfalle sofort als Augenblicksreserve einzuspringen und die Anheizzeit eines stilliegenden Schnellkessels zu überbrücken, der mit Öl selbsttätig hochgefahren wird. Über die technischen Einzelheiten dieser Anlage wird später ausführlich berichtet werden[1]).

Musil.

Zur Frage der Erzeugungsmenge an wissenschaftlichem Schrifttum. — C. Björkbom bringt interessante Mitteilungen zur Frage des technischen Schrifttums. Seit dem Weltkriege ist eine ungeheure Aufwärtsentwicklung des technischen Schrifttums zu verzeichnen. Man rechnet jetzt mit 15 000 Zeitschriften und ähnlichen periodischen Erscheinungen, welche jährlich rd. 800 000 Aufsätze enthalten. Dabei wird heute der wichtigste Teil der wissenschaftlichen Arbeiten in Zeitschriften niedergelegt. Selbst für größere Bibliotheken ist es vollständig unmöglich, auch nur annähernd auf dem Laufenden zu bleiben. Dabei muß trotz des großen Umfangs des Schrifttums den Verfassern immer wieder nahegelegt werden, ihre Arbeiten zu kürzen, wobei manche Zeitschriften hierin so weit gehen, daß die Klarheit und Verständlichkeit des Textes darunter leidet. Es kann nun nicht in Frage kommen, noch größere und noch zahlreichere Zeitschriften herauszugeben, nachdem es sich weder Bibliotheken noch Privatpersonen leisten können, sie zu halten. Als Lösung all dieser Schwierigkeiten wurde bereits 1933 von W. Davis vorgeschlagen, daß die wissenschaftlichen Aufsätze auf Kinofilm photographiert und einer Zentrale zugeleitet werden sollten, welche ihre Einarbeitung in Referatzeitschriften besorgen solle. Da eine internationale Regelung wohl unmöglich sein wird, wird vorgeschlagen, jedem Land seine eigene Zentralstelle zu geben. Dieser Plan wurde nun vom Science Service in Washington aufgegriffen, und seit Frühjahr 1936 besteht eine Organisation, die Aufsätze in Schreibmaschinenschrift verwahrt, von denen sie auf Anforderung Abzüge auf 33 mm-Kinofilm herstellt. Entsprechend werden genormte Geräte zur Herstellung und Benutzung der Filmstreifen hergestellt. Eine Kamera ist bereits fertig und eine Lesemaschine ist im Muster fertig. Im Entwurf ist ein microfilm viewer, mit welchem man 35 mm-Kinofilm Linie für Linie lesen kann, eine Ausführung, welche besonders auf Reisen von Wert sein dürfte.

Schon seit einigen Jahren verwendet das Pennsylvania State College ein anderes Verfahren, das noch einfacher auszuführen ist als der Plan von Davis. Die Zeitschrift dieses College wird in verkleinertem Offsetdruck ausgeführt, wie er auch bei uns zum Druck von Doktorarbeiten bereits vielfach verwendet wird. Von jeder Arbeit wird zunächst eine Zusammenfassung auf 1 bis 2 Seiten in gewöhnlichem Oktavformat veröffentlicht. Der ganze übrige Teil und sämtliche Tabellen werden aber in so verkleinertem Maßstab ausgeführt, daß acht Seiten auf jeder Oktavseite Platz finden. Diese Verkleinerung kann man, wenn auch mit Schwierigkeiten, noch mit bloßem Auge lesen, im allgemeinen wird man aber ein für diesen Zweck gebautes binocular reading glass verwenden.

Die verschiedenen Blätter eines Heftes werden mit Spiralheftung zusammengehalten. Das Papier ist ziemlich dick, so daß die losen Blätter herausgenommen und in Karteien abgelegt werden können. Die Ersparnis ist bedeutend. Eine Doktorarbeit von 100 Seiten kann auf etwa 24 Seiten zusammengedrückt werden. Den bekannten Nachteil der Schreibmaschine, daß die Reihen nicht gleichmäßig abschließen, kann man mit einem besonderen Apparat beseitigen. [C. Björkbom, Tekn. Tidskr. 66 (1936) S. 27.] *Kur.*

[1]) Vgl. VDE-Fachberichte 1936, Gruppe A I.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Die Elektrizitätsversorgung der UdSSR in den Jahren 1933/34.

Von Dipl.-Ing. K. A. Pohl, Berlin.

621. 311. 1 (47)

Übersicht. In Anlehnung an die Richtlinien für die Entwicklung der sowjetrussischen Elektrizitätswirtschaft[1]) in den Jahren 1933 bis 1937 wird die tatsächliche Gestaltung der Elektrizitätsversorgung der UdSSR in den Jahren 1933 bis 1934 untersucht und den entsprechenden Planannahmen gegenübergestellt.

Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung der UdSSR in den Jahren 1933 und 1934 folgte im großen und ganzen den im zweiten Fünfjahrplan festgelegten Richtlinien[1]). Wenn auch die installierte Leistung der Kraftwerke Ende 1933 (5,36 Mill kW) und 1934 (6,22 Mill kW) hinter den entsprechenden Planvorschlägen (5,51 bzw. 6,62 Mill kW) zurückblieb, konnte die gesamte Stromerzeugung der UdSSR in den Berichtsjahren (15,89 bzw. 20,52 Mrd kWh) die planmäßigen „Soll"-Werte (15,85 bzw. 19,00 Mrd kWh) nicht nur erreichen, sondern auch überschreiten. Die Verteilung der installierten Leistung bzw. der Stromerzeugung auf die einzelnen Kraftwerkgruppen veranschaulicht die Zahlentafel 1. Die installierte Leistung russischer Kraftwerke hat gegenüber dem Jahre 1932[2]) um rd. 1,6 Mill kW zugenommen; diese Zunahme entfällt zum größten Teil auf die an regionale Sammelschienen angeschlossenen Kraftwerke, deren Bestand Ende 1934 aus der Zahlentafel 2 hervorgeht. Hier sind zum erstenmal Fabrik- und Kommunalzentralen mitberücksichtigt worden, deren Anschluß an die regionalen Sammelschienen dank dem fortschreitenden Ausbau der Überland-Hochspannungslinien möglich geworden ist. Diese Kraftwerkgruppe verfügte am 31. 12. 1934 über eine installierte Maschinenleistung von insgesamt 399 700 kW (im Betrieb), sie enthielt neben mehreren kleineren Anlagen auch einige größere Kraftwerke, und zwar: die Fabrikzentralen Mariupol I (21 600 kW), Mariupol II (24 000 kW), Makejewka (24 000 kW), Petrowsk (32 500 kW), Kertsch (20 000 kW) und das neuerdings fertiggestellte Fabrikheizwerk Lugansk (erste Ausbaufolge mit 16 000 kW). Zu derselben Kraftwerkgruppe gehören auch das im Bau befindliche Fabrikwerk Altschewsk (24 000 kW in erster Ausbaufolge) und das Wasserkraftwerk Uljba (volle Ausbauleistung

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 421 u. 454.

[2]) Vgl. ETZ 54 (1933) S. 1138, 1168 u. 1184.

Zahlentafel 1. Installierte Maschinenleistung und Stromerzeugung sämtlicher Kraftwerke der UdSSR in den Jahren 1933 und 1934.

Kraftwerkgruppen	Install. Maschinenleistung				Stromerzeugung			
	am 31. 12. 33		am 31. 12. 34		i. Jahre 1933		i. Jahre 1934	
	MW	%	MW	%	Mrd kWh	%	Mrd kWh	%
A. Von der Bundesregierung geleitete Kraftwerke . . .	3235,9	60,4	3571,2	57,4	10,25	64,4	13,49	65,8
B. Überlandwerke im Industriebesitz	432,1	8,0	553,1	8,9	1,18	7,4	1,54	7,5
C. Kommunalkraftwerke:								
1. An regionale Sammelschienen angeschlossene städtische Kommunalwerke	10,2	0,2	19,8	0,3	0,03	0,2	0,06	0,3
2. Sonstige städtische Kommunalwerke	272,8	5,1	279,0	4,5	0,75	4,7	0,83	4,0
3. Ländliche Kommunalwerke	60,0	1,1	64,0	1,0	0,09	0,6	0,10	0,5
Summe C	343,0	6,4	362,8	5,8	0,87	5,5	0,99	4,8
D. Fabrik-, Bahn- und Postkraftwerke:								
1. An regionale Sammelschienen angeschlossene Fabrikzentralen	307,0	5,7	379,9	6,1	0,92	5,8	1,13	5,5
2. Sonstige Fabrikzentralen	942,0	17,6	1252,0	20,1	2,50	15,8	3,19	15,5
3. Bahn- und Postzentralen	100,0	1,9	103,0	1,7	0,17	1,1	0,18	0,9
Summe D	1349,0	25,2	1734,9	27,9	3,59	22,7	4,50	21,9
Insgesamt (A + B + C + D)	5360,0	100,0	6222,0	100,0	15,89	100,0	20,52	100,0

Zahlentafel 2. Übersicht der an die regionalen Sammelschienen angeschlossenen Kraftwerke (nach dem Stand vom 31. 12. 1934).

Kraftwerkgruppen	Zahl der Kraftwerke	Lstg. i. MW	installierte Leistung der Kraftwerke									
			bis 10 MW		10 ··· 20 MW		20 ··· 50 MW		50 ··· 100 MW		über 100 MW	
			Zahl	Lstg. i. MW	Zahl	Lstg. i. MW	Zahl	Lstg. i. MW	Zahl	Lstg. i. MW	Zahl	Lstg. i. MW
A. Von der Bundesregierung geleitete Kraftwerke.												
1. Überlandwerke	42	3052,7	—	—	6	86,1	17	545,6	9	658,5	10	1762,5
2. Überlandheizwerke	12	267,9	4	23,3	2	26,6	5	153,0	1	65,0	—	—
3. Fabrikwerke	16	91,1	13	52,5	3	38,6	—	—	—	—	—	—
4. Fabrikheizwerke	4	34,3	2	12,3	2	22,0	—	—	—	—	—	—
5. Kommunalwerke	17	96,1	13	44,6	4	51,5	—	—	—	—	—	—
6. Kommunalheizwerke	4	29,1	3	15,1	1	14,0	—	—	—	—	—	—
Summe A	95	3571,2	35	147,8	18	238,8	22	698,6	10	723,5	10	1762,5
B. Überlandwerke im Industriebesitz.												
1. Überlandwerke ohne Fernheizbetrieb .	4	282,0	1	7,4	—	—	—	—	3	274,6	—	—
2. Überlandheizwerke	7	271,1	1	5,9	—	—	4	98,0	2	167,2	—	—
Summe B	11	553,1	2	13,3	—	—	4	98,0	5	441,8	—	—
C. Selbständige Kraftwerke.												
1. Fabrikwerke	16	256,2	4	19,1	6	90,0	6	147,1	—	—	—	—
2. Fabrikheizwerke	14	123,7	10	58,7	3	41,0	1	24,0	—	—	—	—
3. Kommunalwerke	5	19,8	5	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe C	35	399,7	19	97,6	9	131,0	7	171,1	—	—	—	—
Insgesamt (A + B + C)	141	4524,0	56	258,7	27	369,8	33	967,7	15	1165,3	10	1762,5

Digitized by Google

Zahlentafel 3. Maschinenleistung der im Betrieb bzw. im Bau oder in Erweiterung befindlichen Großkraftwerke der UdSSR nach dem Stand am 31. 12. 1934.

UW Überlandwerk HW Überlandheizwerk IUW Überlandwerk im Industriebesitz IHW Überlandheizwerk im Industriebesitz FW Fabrikwerk FHW Fabrikheizwerk

Nr.[1]	Werk	im Betrieb 10^3 kW	im Bau 10^3 kW	Nr.	Werk	im Betrieb 10^3 kW	im Bau 10^3 kW
1	UW Leningrad I	65,0		61	FW Mariupol I	21,6	
2	UW Leningrad II	67,5		62	FW Mariupol II	24,0	
3	UW Leningrad V	111,0		63	HW Woronesh	24,0	25,0
4	HW Leningrad VI		150,0	64	UW Schachty-Artem	90,0	
6	UW Dubrowka	100,0	100,0	65	UW Neswetaj		100,0
7	UW Wolchow	66,0		66	UW Krasnodar	11,0	24,0
8	UW Untere Swir	72,0	24,0	67	UW Noworossijsk	20,0	
9	UW Obere Swir		144,0	68	FW Kamysch-Burun		50,0
10	UW Kondopoga	4,5	22,0	69	FW Kertsch	20,0	
11	UW Mittlere Niwa	15,0	45,0	70	UW Sewastopol		24,0
11a	UW Obere Niwa		20,0[2])	71	IHW Grosnyj I	25,0	
12	UW Tuloma (Untere Tuloma)		48,0	72	UW Giseldon	15,0	7,5
13	UW Moskau I	119,5		73	UW Baksan		25,0
14	UW Moskau II	35,5		74	UW Rion	48,0	
15	HW Moskau III	36,0	24,0	75	UW Semo-Awtschaly	25,0	12,0
16	HW Moskau IV		100,0	76	UW Tkwartschely		48,0
17	HW Moskau V		150,0	77	UW Chram		60,0
18	FHW Moskau-Amo		25,0	78	UW Dsoraget	22,5	
18a	UW Moskau-Chimki		30,0[3])	79	UW Kanakir		88,0
19	UW Iwanjkowo		30,0	81	UW Terter		120,0[3])
21	IHW Jaroslawl	24,0	49,0	82	IUW Baku I	109,0	
22	UW Ljapino	36,0		83	IUW Baku II	67,6	
23	UW Norskoje		100,0	84	HW Astrachan		24,0
24	UW Iwanowo	99,0		85	UW Stalingrad I	75,0	25,0
25	UW N. Nowgorod I	204,0		87	UW Saratow I	22,5	
26	FHW N. Nowgorod II	24,0	49,0	88	UW Samara	15,2	12,0
29	HW Dsershinsk a. d. Oka		50,0	89	HW Kasan	20,0	
30	UW Bogorodsk	46,0		91	FHW Ishewsk		24,0
31	UW Schatura	180,0		92	UW Lewschino		310,0
32	UW Kaschira	186,0		93	HW Perm		50,0
33	UW Bobriki	50,0	350,0	94	IHW Beresniki	83,2	
34	IHW Lipezk	24,0		95	UW Kiselowo	74,0	26,0
35	FHW Tula		50,0	96	IHW Tagil I		25,0
36	UW Brjansk	22,0		97	IHW Tagil II		25,0
38	UW Ossinowo	20,0	20,0	98	FHW Swerdlowsk II	10,0	18,0
39	UW Kiew II	21,0	24,0	99	UW Swerdlowsk III		150,0
40	UW Odessa I	37,1		100	UW Jegorschino	24,5	
41	HW Odessa II		24,0	101	IHW Sinarsk		125,0
43	UW Kriwoj Rog I	44,0		102	UW Tscheljabinsk I	126,0	24,0
44	IHW Kriwoj Rog II	25,0	25,0	103	HW Tscheljabinsk II		100,0
45	FW Petrowsk	32,5		104	IUW Magnitogorsk	98,0	50,0
46	UW Dsershinsk a. Dnjepr	48,0	48,0	105	HW Orsk		50,0
47	UW Dnjepr	434,0	124,0	106	UW Karaganda		48,0
48	UW Charkow I	28,0		108	UW Tschirtschik I		170,0
49	UW Charkow II	45,5		109	UW Tschirtschik II		110,0
50	HW Charkow III	25,0	37,0	110	UW Kuwassaj		24,0
51	FHW Charkow IV	15,0	12,0	112	HW Nowosibirsk II		48,0
52	FW Kramatorsk I	25,0		113	IHW Kusnezk	84,0	25,0
53	IHW Kramatorsk II		25,0	114	HW Kemerowo	48,0	
54	HW Donsoda	65,0		115	IUW Uljba		27,0
56	UW Schterowka	152,0		116	UW Irkutsk		48,0
57	UW Sujewka	150,0	100,0	117	UW Chabarowsk		24,0
59	FW Makejewka	24,0		118	UW Wladiwostok		48,0
60	FW Altschewsk		24,0				

[1]) Vgl. Abb. 2 des Beitrages „Das Elektrisierungsprogramm des zweiten Fünfjahrplanes der UdSSR" [ETZ 56 (1935) S. 455].
[2]) Im zweiten Fünfjahrplan nicht vorgesehene Anlage.
[3]) Zunächst gelangt nur die Hälfte der vollen Ausbauleistung zur Aufstellung.

27 000 kW); die letztgenannte Anlage soll neben den bekannten Ridder-Erzgruben (in Südsibirien) auch die benachbarten Siedlungen mit Strom beliefern; sie wird daher nach seiner Fertigstellung als sog. Überlandwerk im Industriebesitz geführt werden.

Ungeachtet des Anschlusses dieser in der Mehrzahl kleinerer Kraftwerke konnte die mittlere installierte Leistung eines an regionale Sammelschienen angeschlossenen Kraftwerkes bis Ende 1934 auf 32 100 kW gesteigert werden, was z. T. auf den Abbau kleinerer Kommunal- und Fabrikwerke, hauptsächlich aber auf die Zunahme der Großkraftwerke (Anlagen mit mehr als 20 000 kW i. L.) zurückzuführen ist. Die Verteilung dieser Großkraftwerke und ihrer regionalen Anschlüsse veranschaulicht Abb. 2 des Beitrages „Das Elektrisierungsprogramm des zweiten Fünfjahrplanes der UdSSR" [ETZ 56 (1935) S. 455]. Ihr Leistungsbestand am 31. 12. 1934 geht aus der Zahlentafel 3 hervor.

Entsprechend der allgemeinen Einstellung des zweiten Fünfjahrplanes konzentrierten sich die Elektrisierungsarbeiten im Überlandnetz in erster Linie auf die Erweiterung bereits bestehender Großkraftwerke. Im Laufe der Jahre 1933 und 1934 wurde die installierte Leistung von 24 bestehenden bzw. teilweise fertiggestellten, aber bereits in Betrieb genommenen Anlagen dieser Art um 650 200 kW gesteigert. Die ehemaligen Kommunal- bzw. Fabrikwerke Odessa I, Charkow I und Jegorschino wurden durchgreifend umgebaut und vervollkommnet; sie werden nunmehr bei gesteigerter installierter Leistung (89 600 kW an Stelle von 60 000 kW vor dem Umbau) als Überlandwerke geführt. Die Überlandwerke Baku I, Iwanowo I, Stalingrad I, Dsershinsk, Kriwoj Rog, Schachty-Artem und Tscheljabinsk erhielten je ein Kondensationsaggregat zu 24 000 kW, die Überlandwerke Schatura und Nishnij Nowgorod solche zu 44 000 bzw. 46 000 kW und das Überlandwerk Kiselowo zwei zu 24 000 kW; im Industrieüberlandwerk Magnitogorsk wurde schließlich Ende 1933 der erste Maschinensatz zu 50 000 kW und im Überlandwerk Tscheljabinsk I ein Hilfsaggregat zu 3000 kW in Betrieb genommen. Die restlichen Erweiterungen der größeren Wärmekraftwerke im Überlandnetz wurden durch die Neuaufstellungen von Maschinensätzen mit Dampfentnahme für Fernheizzwecke bewerkstelligt; derartige Aggregate erhielten die Überlandwerke Moskau I ($1 \times 12\,000$ kW), Leningrad II ($1 \times 12\,000$ kW), Donsoda ($1 \times 22\,000$ kW) und Kusnezk ($2 \times 24\,000$ kW); auch im Überlandwerk Kasan wurde im Zuge der Bauvollendung das zweite Heizaggregat zu 10 000 kW in Betrieb genommen. Gleichfalls im Zuge des Bauabschlusses wurden zwei weitere Aggregate zu 62 000 kW im bekannten Dnjepr-Wasserkraftwerk, sowie das zweite und dritte Aggregat zu 7500 kW der Wasserkraftanlage Dsoraget in Betrieb gesetzt, während das seit 1926 im Betrieb stehende Wolchowwerk, dank nachträglicher Wehrerhöhung, eine Leistungssteigerung um 8000 kW erfahren konnte.

An neuen Anlagen wurden in den Überlandnetzen in den Jahren 1933/34 20 Kraftwerke mit 710 400 kW in Betrieb genommen, und zwar:

UW	Dubrowka	mit	100 000 kW	(erste Ausbaufolge)
UW	Untere Swir	„	72 000 „	(drei erste Aggregate)
UW	Bobriki	„	50 000 „	(erstes Aggregat)
UW	Rion	„	48 000 „	(volle Leistung)
HW	Kemerowo	„	48 000 „	(erste Ausbaufolge)
HW	Moskau III	„	36 000 „	(zwei erste Aggregate)

Digitized by Google

HW	Charkow III	mit	25 000 kW	(erstes Aggregat)
IHW	Kriwoj Rog II . . .	„	25 000 „	(„ „)
HW	Woronesh	„	24 000 „	(erste Ausbaufolge)
FW	Makejewka	„	24 000 „	(„ „)
FW	Mariupol	„	24 000 „	(„ „)
IHW	Lipezk	„	24 000 „	(„ „)
IHW	Jaroslawl	„	24 000 „	(erstes Aggregat)
FW	Lugansk	„	16 000 „	(erste Ausbaufolge)
UW	Giseldon	„	15 000 „	(zwei erste Aggregate)
IUW	Mittlere Niwa . . .	„	15 000 „	(erstes Aggregat)
UW	Kadyrja	„	13 000 „	(volle Leistung)
IHW	Saratow II	„	12 000 „	(„ „)
IHW	Semipalatinsk	„	9 000 „	(zwei erste Aggregate)
HW	Minsk	„	6 400 „	(erstes Aggregat)

Ferner wurde in der Berichtszeit der Bau bzw. die Erweiterung folgender Großkraftwerke neu eingeleitet:

A. Neubauten.

1.	UW	Lewschino	mit	210 000 kW
2.	UW	Tschirtschik I	„	170 000 „
3.	HW	Moskau V	„	150 000 „
4.	HW	Leningrad VI	„	150 000 „
5.	UW	Obere Swir	„	144 000 „
6.	IHW	Sinarsk	„	125 000 „
7.	UW	Tschirtschik II . . .	„	110 000 „
8.	UW	Norskoje	„	100 000 „
9.	UW	Neswetaj.	„	100 000 „
10.	HW	Tscheljabinsk II . . .	„	100 000 „
11.	UW	Chram	„	60 000 „
12.	FHW	Tula.	„	50 000 „
13.	HW	Dsershinsk a. d. Oka	„	50 000 „
14.	UW	Tuloma	„	48 000 „
15.	UW	Irtutsk	„	48 000 „
16.	UW	Tkwartschely	„	48 000 „
17.	UW	Iwanjkowo	„	30 000 „
17a.	UW	Moskau-Chimki . . .	„	30 000 „
18.	FHW	Moskau-Amo	„	25 000 „
19.	UW	Sewastopol	„	24 000 „
20.	UW	Chabarowsk	„	24 000 „
21.	HW	Odessa II	„	24 000 „
22.	UW	Obere Niwa	„	20 000 „ u. a. m.

B. Erweiterungen bzw. nachträgliche Vergrößerungen der im Bau befindlichen Kraftwerke.

1.	UW	Bobriki	um	300 000 kW
2.	UW	Sujewka	„	100 000 „
3.	HW	Moskau IV.	„	50 000 „
4.	FHW	N. Nowgorod II . . .	„	49 000 „
5.	UW	Dsershinsk a. Dnjepr .	„	48 000 „
6.	IHW	Jaroslawl	„	48 000 „
7.	UW	Kanakir	„	46 000 „
8.	HW	Orsk	„	25 000 „
9.	UW	Krasnodar	„	24 000 „
10.	UW	Kondopoga	„	22 000 „
11.	UW	Ossinowo	„	20 000 „
12.	UW	Karaganda	„	13 000 „
13.	HW	Charkow III	„	12 000 „ u. a. m.

Besonders charakteristisch für die Berichtsjahre ist die intensive Zunahme der Fernheizwerke, deren installierte Leistung in dieser Zeit von 0,5 auf 0,9 Mill kW (davon 726100 kW in den Überlandnetzen) stieg. Die Wärmeabgabe dieser Anlagen für Fernheizzwecke erreichte im Jahre 1934 rd. 10 Bill kcal (davon in den Überlandnetzen rd. 7,5 Bill kcal), bei einer Stromerzeugung von rd. 1,8 Mrd kWh. Die Gesamtlänge der Wärmeversorgungsnetze konnte gleichzeitig von 130 km auf rd. 200 km gesteigert werden.

Ungeachtet der durch die Förderung der Fernheizwerke begünstigten Entwicklung der Wärmekraftanlagen ist der Anteil der letzteren an der installierten Maschinenleistung der Überlandnetze von 87,7 % auf 84,9 % zurückgegangen, während der Anteil der Wasserkraftwerke (15 Anlagen mit 728 200 kW) dementsprechend von 12,3 % auf 15,1 % gestiegen ist (bei einer Stromerzeugung von rd. 2,4 Mrd kWh). Gleichzeitig konnte die Ausnutzung der örtlichen und minderwertigen Brennstoffe weiter gefördert werden, so daß von der gesamten Stromerzeugung der UdSSR im Jahre 1934 (20,52 Mrd kWh) entfielen:

rd.	6,0%	auf	ortsfremdes Erdöl,
„	16,0%	„	„ Steinkohlen,
„	10,0%	„	Braunkohlen aus örtlichen Vorkommen,
„	29,0%	„	Steinkohlen „ „ „
„	18,5%	„	Torf „ „ „
„	2,5%	„	Holz und örtliche Holzabfälle,
„	6,0%	„	Erdöl aus örtlichen Vorkommen,
„	12,0%	„	Wasserkräfte.

Der mittlere Brennstoffverbrauch der bei den an regionale Sammelschienen angeschlossenen Anlagen betrug im Jahresdurchschnitt 1934 rd. 0,69 kg (4840 cal) je erzeugte kWh (statt 0,77 kg im Jahre 1932).

Die Ausnutzung der installierten Leistung könnte übrigens noch günstiger gestaltet werden, wenn sie nicht durch die unzureichende Kesselleistung der Kraftwerke sowie durch andauernde Verzögerung bei der Fertigstellung der Stromverteilungsnetze beeinträchtigt wäre.

Die Verzögerung der Fertigstellung der Stromverteilungsnetze und der Stromverbraucheranlagen wirkte ebenfalls als bedeutendes Hemmnis für die Entwicklung der russischen Elektrizitätsversorgung, namentlich in der Ukraine, wo die installierte Leistung des größten russischen Kraftwerkes (Dnjepr-Werk mit 434 000 kW i. L.) wegen verzögerter Inbetriebnahme von Stromverbraucheranlagen und Fernleitungen nach den benachbarten Industriegebieten jahrelang nur unvollständig ausgenutzt blieb. Immerhin konnten im Laufe der Jahre 1933 und 1934 zahlreiche neue Hochspannungslinien fertiggestellt werden, so daß die gesamte Betriebslänge des russischen Stromverteilungsnetzes Anfang 1934 rd. 12 200 km erreichte.

Der Stromverbrauch erfuhr in den Jahren 1933/34 keine entscheidenden Veränderungen gegenüber 1932 [vgl. ETZ 56 (1935) S. 422, Zahlentafel 2]; eine verhältnismäßig starke Steigerung weist nur der Stromverbrauch für den Eisenbahnbetrieb auf, was sich durch die fortgesetzte Umstellung neuer Bahnstrecken auf elektrischen Betrieb erklärt. Nachdem bis Ende 1932 neben 2 Vorortbahnen bei Moskau und Baku nur eine einzige Hauptbahnstrecke (die 63 km lange Strecke Chaschuri—Sestafoni im Kaukasus) elektrischen Betrieb erhielt, wurden in den Jahren 1933/34 insgesamt 437 km Bahnen auf elektrischen Betrieb umgestellt, und zwar

Hauptbahn	Tiflis—Chaschuri im Kaukasus	120 km	lang
„	Nikopol—Saporoshje i. südruss. Industriegeb.	96 „	„
„	Kisel—Tschussowaja im Ural	112 „	„
Vorortbahn	Moskau—Obiralowka	24 „	„
„	Moskau—Ramenskoje	45 „	„
„	Leningrad—Oranienbaum	40 „	„

Die Gesamtlänge der elektrisch betriebenen Vollbahnstrecken stellte sich somit Ende 1934 auf 615 km, von denen 391 km auf Hauptbahnen und die restlichen 224 km auf Vorortbahnen entfielen. Gegenwärtig wird auf weiteren 1392 km (1293 km Hauptbahnen und 99 km Vorortbahnen) die Umstellung auf elektrischen Betrieb vorbereitet; außerdem wird der Bau der Moskauer Untergrundbahn, deren erste Ausbaufolge im Mai 1935 in Betrieb genommen wurde, in beschleunigtem Tempo fortgesetzt, so daß auch in den kommenden Jahren mit einer anhaltenden Steigerung des Stromverbrauches für Verkehrszwecke gerechnet werden muß.

Energiewirtschaft.

621. 311. 1. 003 (43) **Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland**[1]). — Im ersten Vierteljahr 1936 ist die Stromerzeugung der statistisch erfaßten 122 Elektrizitätswerke gegen den gleichen Zeitabschnitt des Vorjahrs insgesamt um 611 Mill kWh (13 %) und arbeitstäglich um 21,4 Mill kWh (11,5 %) gestiegen. Die Zunahme betrug im Januar 141,1 (8 %), im Februar 240,7 (16 bzw. arbeitstäglich 12 %), im März 229,2 Mill kWh (15 %). Der bei den 103 Werken während der genannten Monate festgestellte gewerbliche Verbrauch weist Erhöhungen von im ganzen 243,5 (14 %) und im einzelnen 59,1 (10 %), 94,5 (17 bzw. arbeitstäglich fast 13 %) und 89,9 Mill kWh (15,5 %) auf. Wie das Statistische Reichsamt bemerkt, war im Februar der Stromabsatz je kW Anschlußwert um 8 % größer als der Vergleichsstand von 1935.

Monat	von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer					
	insgesamt		arbeitstäglich		Gesamtverbrauch		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt		kWh/kW Anschlußwert	
					Mill kWh		Mill kWh			
	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935
I.	1838,9	1697,8	70,7	65,3	651,6	592,5	25,1	22,8	4,73	4,54
II.	1717,4	1476,7	68,7	61,5	644,6	550,1	25,8	22,9	4,93	4,56
III.	1763,6	1534,4	67,8	59,0	669,5	579,6	25,8	22,3	4,84	4,41

fm.

[1]) Vgl. ETZ 57 (1936) H. 5, S. 131, H. 15, S. 424.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Schweizer Elektroaußenhandel 1935[1]). — Die Schweizer Elektroausfuhr 1935 betrug 27,6 Mill RM und hat damit den Wert des Vorjahres nicht ganz erreicht. Auf den großen Gebieten (s. Zahlentafel 1) der Maschinen- und Apparateausfuhr sind zwar Ausfuhrsteigerungen eingetreten. Sie wurden aber wieder aufgehoben durch starke Einbußen bei anderen Warengruppen — vor allem bei der Hauptausfuhrgruppe Meß- und Zählvorrichtungen, die durch ihre Größe (32,3 % der Gesamtausfuhr!) das Gesamtbild maßgebend beeinflußt.

Zahlentafel 1. Schweizer Elektro-Ausfuhr nach Warengruppen.

Gegenstand	1934		1935		Anteil a. d. Ges.-El.-Ausfuhr	
	dz	1000RM	dz	1000RM	1934 %	1935 %
elektr. Maschinen, Transformatoren usw.	28 222	6 467	32 486	7 047	22,6	25,5
Akkumulatoren, Elemente u. Batterien	2 334	551	1 991	482	1,9	1,8
Kabel und isolierte Drähte	697	403	555	311	1,4	1,1
Meß- u. Zählvorrichtungen	7 793	9 753	7 396	8 933	34,1	32,3
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	140	364	96	298	1,3	1,1
Radioapparate	365	530	204	243	1,9	0,9
Glühlampen	331	543	319	602	1,9	2,2
Anlaß-, Beleucht.- u. Zündvorrichtg. sow. el. Zubeh. f. Motorfahrzeuge u. Räd.	4 539	3 773	4 580	3 631	13,2	13,1
Kohle f. d. Elektrotechnik	7 667	789	4 948	536	2,7	1,9
Schalt- u. Sicherheitsapp. u. nicht bes. ben. App. f. d. Elektrotechnik	7 113	4 657	7 057	4 865	16,3	17,6
Kochherde und Öfen, Bügeleisen	2 658	505	1 983	371	1,7	1,3
sonstige Vorrichtungen	729	298	1 127	330	1,0	1,2
insgesamt		28 633		27 649	100	100

Zahlentafel 2. Schweizer Elektro-Ausfuhr nach Ländern.

Absatzgebiete	1934	1935	Anteil an der Schweizer Ausfuhr 1934	1935
	1000 RM	1000 RM	%	%
Europa	24 296	22 759	84,9	82,3
Afrika	741	617	2,6	2,2
Asien	1 729	1 703	6,0	6,2
Amerika	1 475	2 006	5,2	7,2
Australien	155	273	0,5	1,0
nicht getrennt ausgewiesen	237	291	0,8	1,1
insgesamt	28 633	27 649	100	100
nach wichtigen Ländern in Europa*):				
Frankreich	6 637	5 613	23,2	20,3
Italien	1 733	2 873	6,0	10,4
Deutschland	2 193	2 227	7,6	8,0
Niederlande	2 013	2 110	7,0	7,7
Belgien—Luxemburg	2 442	1 764	8,5	6,4
Spanien	1 665	1 742	5,8	6,3
Großbritannien	1 679	1 427	5,9	5,2
Tschechoslowakei	1 336	1 347	4,7	4,9
Österreich	503	551	1,7	2,0
Rumänien	531	441	1,8	1,6
Portugal	791	410	2,8	1,5
Polen	505	399	1,8	1,4
Schweden	304	380	1,1	1,4
Dänemark	112	315	0,4	1,1
Jugoslawien	402	287	1,4	1,0
Norwegen	249	225	0,9	0,8
Finnland	221	217	0,8	0,8
sonstige	980	431	3,5	1,5
zus. Europa	24 296	22 759	84,9	82,3
nach wichtigen Ländern in Übersee*):				
Brit.-Indien	425	829	1,5	3,0
Argentinien	731	508	2,6	1,8
Kanada	194	438	0,7	1,6
China	487	406	1,7	1,5
Brasilien	69	303	0,3	1,1
Ägypten	202	268	0,7	1,0
Austral. Bund	151	266	0,5	1,0
V. S. Amerika	122	247	0,4	0,9
Brit.-Südafrika	244	241	0,9	0,9
Columbien	101	197	0,4	0,7
Türkei	287	158	1,0	0,6
sonstige	1 324	1 029	4,4	3,6
	4 337	4 890	15,1	17,7

*) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1935.

[1]) Vgl. ETZ 57 (1935) S. 777.

Zahlentafel 3. Schweizer Elektro-Einfuhr nach Warengruppen.

Gegenstand	1934		1935		Anteil an d. Ges.-El.-Einfuhr	
	dz	1000RM	dz	1000RM	1934 %	1935 %
elektr. Maschinen, Transformatoren usw.	6 480	2 099	5 581	1 683	10,8	10,2
Akkumulatoren, Elemente und Batterien	1 519	331	1 223	281	1,7	1,7
Kabel u. isolierte Drähte	3 279	570	3 346	502	3,0	3,1
Meß- u. Zählvorrichtungen	440	805	436	813	4,1	4,9
Telegraphen- u. Telephonapp. mit Draht	897	1 000	984	1 314	5,2	7,9
Radioapparate	4 131	5 863	4 163	5 374	30,2	32,3
Glühlampen	984	2 092	836	1 639	10,8	9,8
Anlaß-, Beleuchtungs- u. Zündvorrichtg. sowie el. Zubehör f. Motorfahrzeuge u. Fahrräder	1 121	891	805	650	4,6	3,9
Kohle f. d. Elektrotechnik	29 570	959	26 044	957	4,9	5,8
Isolatoren, montiert u. nicht montiert	13 481	1 450	9 018	974	7,5	5,9
Schalt- u. Sicherheitsapp. u. nicht bes. ben. App. f. d. El.	2 536	1 559	2 106	1 209	8,0	7,2
Kochherde u. Öfen, Bügeleisen	357	78	231	52	0,4	0,3
Magnete	640	520	640	476	2,7	2,9
Lampen u. Beleucht.-Körper f. elektr. Licht	2 139	1 052	1 140	602	5,5	3,5
sonstige Vorrichtungen	624	117	599	109	0,6	0,6
insgesamt		19 386		16 635	100	100

Zahlentafel 4. Schweizer Elektro-Einfuhr nach Ländern.

Herkunftsländer*)	1934	1935	Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr 1934	1935
	1000 RM	1000 RM	%	%
Deutschland	9 072	7 142	46,8	42,9
Niederlande	4 034	3 890	20,8	23,4
V. S. Amerika	1 173	1 092	6,1	6,6
Frankreich	1 117	1 037	5,8	6,2
Belgien	980	968	5,0	5,8
Großbritannien	982	676	5,1	4,1
Österreich	698	675	3,6	4,1
Italien	361	332	1,8	2,0
Ungarn	281	267	1,4	1,6
sonstige	688	556	3,6	3,3
insgesamt	19 386	16 635	100	100

*) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1935.

Die ländermäßige Betrachtung der Schweizer Ausfuhr (Zahlentafel 2) zeigt ähnlich wie die deutsche Ausfuhr eine günstigere Entwicklung nach Übersee, das 1935 13 % mehr als 1934 aufnahm, mit 1934 15,1 % und 1935 17,7 % Anteil an der Gesamtausfuhr aber immer noch unter 20 % der Gesamtausfuhr bleibt. Die Ausfuhr nach Europa ging insgesamt um 6 % zurück. Von den acht größten Absatzgebieten der Schweiz — Frankreich, Italien, Deutschland, Niederlande, Belgien, Spanien, Großbritannien, Tschechoslowakei —, die zusammen über zwei Drittel der Schweizer Gesamtausfuhr beziehen, haben Frankreich, Belgien und Großbritannien ihre Bezüge erheblich beschränkt, während nach den übrigen Ländern Ausfuhrzunahmen zu verzeichnen sind.

Die Schweizer Einfuhr (Zahlentafel 3 und 4) betrug 16,6 Mill RM. Sie ist noch stärker zurückgegangen als die Ausfuhr (Rückgang der Ausfuhr 3,4 %, der Einfuhr 14,2 %). Mit Ausnahme von Telegraphie und Telephonie mit Draht, deren Einfuhr um 31,4 % stieg, ist die Einfuhr in sämtlichen bedeutenden Gruppen eingeschränkt worden. Hauptlieferländer waren Deutschland und Niederlande mit zwei Drittel der Gesamteinfuhr, wobei der deutsche Anteil im letzten Jahr zugunsten des holländischen etwas zurückgegangen ist.

AUS INDUSTRIE, HANDEL UND GEWERBE.

Jubiläum. — Im Frühjahr d. J. konnten die Wilhelm Binder Maschinen- und Elektro-Apparate-Fabriken, Villingen-Schwarzwald, auf ihr 25jähriges Bestehen zurückblicken. Sich ursprünglich mit dem Bau von Schnitt- und Stanzwerkzeugen und mit der Herstellung von kleinen Sondermaschinen für die Uhren- und Metallindustrie befassend, hat die Firma nach dem Kriege den Bau von Elektromagneten, Aufspannvorrichtungen, Eisenausscheidern, Betätigungsmagneten, Transformatoren, Drosselspulen usw. aufgenommen und sich dadurch zu einem bekannten Unternehmen in der Elektroindustrie entwickelt.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel gibt nachstehende Entwürfe bekannt:

VDE 0265/1936 „Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen",

VDE 01265/1936 „Umstellvorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen".

Durch die Ausgabe von VDE 0265/1936 „Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen" werden die in VDE 0255/1934 „Vorschriften für Bleikabel in Starkstromanlagen V.S.K." im Absatz „III. Gummibleikabel" enthaltenen Bestimmungen hinfällig. Diese Bestimmungen sollen mit dem Inkrafttreten von VDE 0265/1936 außer Kraft gesetzt werden.

Einsprüche sind bis zum 15. August 1936 der Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Entwurf 1.

VDE 0265/1936.

Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen.

Inhaltsübersicht.

A. Gültigkeit.
§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.
B. Aufbau.
§ 3. Kenn- u. Kurzzeichen.
§ 4. Leiter.
§ 5. Isolierhülle.
§ 6. Bleimantel.
§ 7. Umhüllung und Bewehrung.
C. Prüfbestimmungen.
§ 8.
D. Belastbarkeit.
§ 9.

A. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften treten am ..... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für Gummibleikabel in Starkstromanlagen mit einer Nennspannung bis 1 kV.

B. Aufbau.

§ 3.

Kenn- und Kurzzeichen.

a) Gummibleikabel müssen einen der Herstellerfirma als Warenzeichen (Ursprungszeichen) eingetragenen Firmenkennfaden enthalten, durch den ersichtlich gemacht wird, von welchem Werk die Kabel hergestellt sind.

Für derartige Kabel wird durch die Prüfstelle des VDE auf Grund eines besonderen Verfahrens der einfädig bedruckte schwarz-rote Kennfaden[2]) des VDE zugewiesen.

Beide Kennfäden müssen unter dem Bleimantel liegen.

b) Die Einzeladern in Mehrleiterkabeln müssen durch verschiedene Färbung des gummierten Bandes gekennzeichnet sein, und zwar ist die Kennzeichnung bei:

2 Adern: hellgrau-schwarz,
3 Adern: hellgrau-schwarz-rot,
4 Adern: hellgrau-schwarz-rot-blau,
5 Adern: hellgrau-schwarz-rot-blau-schwarz.

Bei mehr als fünf Adern alle Adern hellgrau mit Ausnahme von zwei nebeneinanderliegenden Zähladern (blau und gelb) in jeder Lage.

c) Die verschiedenen Bauarten der Kabel werden durch Kurzzeichen unterschieden, z. B.

NGK:	Kabel mit blankem Bleimantel.
NGKA:	Kabel mit Bleimantel und Außenumhüllung.
NGKB:	Kabel mit Bleimantel und Umhüllung und Bandeisenbewehrung.
NGKBA:	Kabel mit Bleimantel und Umhüllung, Bandeisenbewehrung und Außenumhüllung.
NGKF:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Flachdrahtbewehrung.
NGKFA:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKFG:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und Gegenwendel.
NGKR:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Runddrahtbewehrung.
NGKRA:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKRRA:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, doppelter Runddrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKRG:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und Gegenwendel.
NGKZA:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Z-förmiger Profildrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKZRA:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Z-förmiger Profildrahtbewehrung, Runddrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKC:	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung (1 Lage vorgetr. Papier) und verzinkter Stahldrahtbeflechtung.

Dem Kurzzeichen wird ein weiteres „A" angehängt, wenn das Kabel eine doppelte äußere Umhüllung erhält.

Den Kurzzeichen folgen Leiterzahl und Querschnittsangabe. Wenn die Leiter aus Aluminium bestehen, wird hinter dem „N" ein „A" eingefügt, z. B. N A G K B A.

§ 4.

Leiter.

a) Für die Beschaffenheit der Kupferleiter gilt VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik". Die Kupferleiter müssen verzinnt sein.

b) Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotech-

Tafel I. Mindestzahl der Drähte.

1	2	1	2
Nennquerschnitt mm²	Mindestzahl der Drähte	Nennquerschnitt mm²	Mindestzahl der Drähte
1,5	1	150	37
2,5	1	185	37
4	1	240	61
6	1	300	61
10	7	400	61
16	7	500	91
25	7	—	—
35	19	—	—
50	19	—	—
70	19	—	—
95	19	—	—
120	37	—	—

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im ..... 19... Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 847 und ....

[2]) Der schwarz-rote Kennfaden ist dem VDE als Warenzeichen (Verbandszeichen) geschützt.

Digitized by Google

nik“[3]). Aluminiumleiter sind nur in Querschnitten von 4 mm² aufwärts zulässig. Die Durchmesser der einzelnen Drähte des Aluminiumleiters dürfen nicht kleiner sein als 1,35 mm.

c) Die Mindestzahl der Drähte des Leiters muß den Werten in Tafel I entsprechen.

§ 5.
Isolierhülle.

a) Der Leiter wird mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben, die aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung hergestellt sein muß.

b) Für die Dicke der Isolierhüllen gelten die Werte in Tafel II und III.

c) Die Gummihülle der Leiter muß nach Fertigstellung folgender Zusammensetzung entsprechen:

Mindestens 33,3 % Rohkautschuk, höchstens 66,7 % Füllstoffe einschl. Schwefel. Von organischen Zusatzstoffen ist ein Gehalt an festen Paraffinkohlenwasserstoffen bis zu einer Höchstmenge von 5 % gestattet. Außerdem ist es zulässig, organische Beschleuniger, Antioxydantien und ähnliche Stoffe der Kautschukmischung zuzusetzen. Diese Zusatzstoffe müssen jedoch so gewählt sein, daß, nach dem vereinbarten Analysenverfahren ermittelt, die Grenzwerte von 4 % für den scheinbaren Harzgehalt und 1,5 % für verseifbare Stoffe, beides bezogen auf die 33,3 %ige Mischung, eingehalten werden.

Das spezifische Gewicht der Gummihülle muß mindestens 1,5 sein.

d) Die Gummihülle ist einer Alterungsprüfung zu unterwerfen. Die Gummihülle wird 7 Tage lang im Trockenschrank mit zirkulierender Luft durch Erwärmung auf 70° gealtert. Die Alterung ist an der Ader ohne gummiertes Band, aber mit dem Leiter vorzunehmen. Vor und nach der Alterung muß die Gummihülle noch eine Zugfestigkeit von mindestens 70 kg/cm² und eine Bruchdehnung von mindestens 250 % der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen. Die Prüfung der mechanischen Eigenschaften nach der Alterung hat erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Trockenschrank zu erfolgen.

Die ursprünglich ermittelten Werte dürfen nach der Alterungsprüfung nicht mehr als 25 % abfallen.

Tafel II. Dicke der Isolierhülle für Einleiterkabel.

1	2	1	2
Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm	Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm
1,5	1,5	70	2,4
2,5	1,5	95	2,6
4	1,5	120	2,6
6	1,5	150	2,8
10	1,7	185	3,0
16	1,7	240	3,2
25	2,0	300	3,4
35	2,0	400	3,7
50	2,3	500	4,0

Tafel III. Dicke der Isolierhülle für Mehrleiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel.

1	2	1	2
Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm	Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm
1,5	0,8	50	1,6
2,5	0,9	70	1,6
4	1,0	95	1,8
6	1,0	120	1,8
10	1,2	150	2,0
16	1,2	185	2,2
25	1,4	—	—
35	1,4	—	—

e) Die Gummihülle wird mit gummiertem Baumwollband bewickelt.

f) Bei Mehrleiterkabeln werden die Einzeladern unter Ausfüllung aller Hohlräume verseilt und mit einer Gummimischung dicht umpreßt. Diese Gummimischung muß mechanisch fest und widerstandsfähig sein und einen Rohgummigehalt von mindestens 33,3 % haben. Sie braucht jedoch nicht den Vorschriften über die Zusammensetzung der Gummihülle nach § 5 c zu entsprechen. Die Dicke des Mantels muß den Werten der Tafel IV entsprechen.

[3]) In Vorbereitung.

Tafel IV. Dicke der gemeinsamen Gummihülle für Mehrleiterkabel.

1	2	1	2
Durchmesser über den verseilten Adern mm	Dicke der Kautschukhülle mm	Durchmesser über den verseilten Adern mm	Dicke der Kautschukhülle mm
bis 13	0,7	bis 35	1,2
16	0,8	39	1,4
19	1,0	50	1,5
		55	1,6

§ 6.
Bleimantel.

a) Für die Dicke des Bleimantels gelten die Werte in Tafel V.

b) Die in Tafel V angegebenen Werte für die Dicke des Bleimantels sind Mittelwerte. Die Dicke des Bleimantels ist durch Messung mit der Mikrometerschraube festzustellen. Wenigstens fünf Messungen sind an möglichst gleichmäßig verteilten Stellen eines Bleistreifens auszuführen, der dem Mantel in der Umfangsrichtung entnommen ist. Die Breite des Streifens soll etwa gleich dem Manteldurchmesser sein. Der Mittelwert der Messung an einer Probe darf den vorgeschriebenen Wert nicht unterschreiten, während der kleinste bei den Messungen gefundene Wert um nicht mehr als 10 % unter dem vorgeschriebenen Wert liegen darf.

Tafel V. Dicke des Bleimantels.

1	2	1	2
Durchmesser unter dem Bleimantel mm	Dicke des Bleimantels mm	Durchmesser unter dem Bleimantel mm	Dicke des Bleimantels mm
		bis 50	2,0
bis 14	0,9	53	2,1
18	1,0	56	2,2
23	1,1	59	2,3
26	1,2	—	—
29	1,3	—	—
32	1,4	—	—
35	1,5	—	—
38	1,6	—	—
41	1,7	—	—
44	1,8	—	—
47	1,9	—	—

§ 7.
Umhüllung und Bewehrung.

a) Für den Aufbau der Umhüllung und Bewehrung gilt Tafel VI.

Tafel VI. Umhüllung und Bewehrung.

Aufbau	Werkstoff	Dicke in mm bei Durchmesser über Blei bis 35 mm	über 35—58 mm	über 58 mm
Umhüllung des Bleimantels bei nicht bewehrten Kabeln	zähflüssiger Compound mehrere Lagen vorgetränkten Papiers			
	zähflüss. Compound mehrere Lagen vorgetränkten Papiers	2,5	3,0	3,0
	zähflüss. Compound 1 Lage vorgetr. Jute, harter Comp.			
Umhüllung des Bleimantels bei bewehrten Kabeln	zähflüss. Compound mehrere Lagen vorgetr. Papiers			
	zähflüss. Compound vorgetr. Jute	1,2	1,5	1,7
	zähflüss. Compound*)			
	desgl. bei auf Zug stark beanspruchten Kabeln (z. B. Schachtkabeln)	1,8	2,2	2,5
Bewehrung	2 Lg. heiß compoundiertes Bandeisen**)	0,5	0,8	1,0
Umhüllung der Bewehrung	zähflüss. Compound 1 Lg. vorgetr. Jute harter Compound	1,5	1,5	2,0

*) Fällt bei drahtbewehrten Kabeln fort.

**) Für Kabel bis 12 mm Durchmesser über Blei wird an Stelle der Bandeisenbewehrung zweckmäßig eine Bewehrung aus verzinktem Runddraht oder Flachdraht aufgebracht.

Digitized by Google

b) Die in Tafel VI angegebenen Werte für die Dicke sind Mittelwerte. Örtliche Abweichungen sind zulässig:

für die Umhüllung über dem Bleimantel . .	± 20 %
für die Umhüllung über der Bewehrung . .	± 20 %
für die Bewehrung aus Eisenband, Rund- oder Flachdraht	± 10 %

B. Prüfbestimmungen.

§ 8.

Die Kabel werden in der Fabrik geprüft und müssen eine Wechselspannung von 3 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Bleimantel während ½ h aushalten.

C. Belastbarkeit von Gummibleikabeln.

§ 9.

In Vorbereitung.

Entwurf 1.

VDE 01265/1936.

Umstellvorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen.

Inhaltsübersicht.

A. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

B. Aufbau.

§ 3. Kenn- u. Kurzzeichen.
§ 4. Leiter.
§ 5. Isolierhülle.
§ 6. Bleimantel.
§ 7. Umhüllung und Bewehrung.

C. Prüfbestimmungen.

§ 8.

D. Belastbarkeit.

§ 9.

A. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften treten am ..... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für Gummibleikabel in Starkstromanlagen mit einer Nennspannung bis 1 kV.

B. Aufbau.

§ 3.

Kenn- und Kurzzeichen.

a) Gummibleikabel müssen einen der Herstellerfirma als Warenzeichen (Ursprungszeichen) eingetragenen Firmenkennfaden enthalten, durch den ersichtlich gemacht wird, von welchem Werk die Kabel hergestellt sind.

Für derartige Kabel wird durch die Prüfstelle des VDE auf Grund eines besonderen Verfahrens der einfädig bedruckte schwarz-rot-grüne Kennfaden[2]) des VDE zugewiesen.

Beide Kennfäden müssen unter dem Bleimantel liegen.

b) Die Einzeladern in Mehrleiterkabeln müssen durch verschiedene Färbung des gummierten Bandes gekennzeichnet sein, und zwar ist die Kennzeichnung bei:

2 Adern: hellgrau-schwarz,
3 Adern: hellgrau-schwarz-rot,
4 Adern: hellgrau-schwarz-rot-blau,
5 Adern: hellgrau-schwarz-rot-blau-schwarz.

Bei mehr als fünf Adern alle Adern hellgrau mit Ausnahme von zwei nebeneinanderliegenden Zähladern (blau und gelb) in jeder Lage.

c) Die verschiedenen Bauarten der Kabel werden mit Kurzzeichen benannt, z. B.

NGK (UV):	Kabel mit blankem Bleimantel.
NGKA (UV):	Kabel mit Bleimantel und Außenumhüllung.
NGKB (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Bandeisenbewehrung.
NGKBA (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Bandeisenbewehrung und Außenumhüllung.
NGKF (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Flachdrahtbewehrung.
NGKFA (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKFG (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und Gegenwendel.
NGKR (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung und Runddrahtbewehrung.
NGKRA (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKRRA (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, doppelter Runddrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKRG (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und Gegenwendel.
NGKZA (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Z-förmiger Profildrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKZRA (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung, Z-förmiger Profildrahtbewehrung, Runddrahtbewehrung und Außenumhüllung.
NGKC (UV):	Kabel mit Bleimantel, Umhüllung (1 Lage vorgetr. Papier) und verzinkter Stahldrahtbeflechtung.

Dem Kurzzeichen wird ein weiteres „A“ angehängt, wenn das Kabel eine doppelte äußere Umhüllung erhält.

Den Kurzzeichen folgen Leiterzahl und Querschnittsangabe. Wenn die Leiter aus Aluminium bestehen, wird hinter dem „N“ ein „A“ eingefügt, z. B. NAGKBA (UV).

§ 4.

Leiter.

a) Für die Beschaffenheit der Kupferleiter gilt VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik“. Die Kupferleiter müssen verzinnt sein.

b) Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik“[3]). Aluminiumleiter sind nur in Querschnitten von 4 mm² aufwärts zulässig. Die Durchmesser der einzelnen Drähte des Aluminiumleiters dürfen nicht kleiner sein als 1,35 mm.

c) Die Mindestzahl der Drähte des Leiters muß den Werten in Tafel I entsprechen.

Tafel I. Mindestzahl der Drähte.

1	2	1	2
Nennquerschnitt mm²	Mindestzahl der Drähte	Nennquerschnitt mm²	Mindestzahl der Drähte
1,5	1	150	37
2,5	1	185	37
4	1	240	61
6	1	300	61
10	7	400	61
16	7	500	91
25	7	—	—
35	19	—	—
50	19	—	—
70	19	—	—
95	19	—	—
120	37	—	—

§ 5.

Isolierhülle.

a) Der Leiter wird mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben, die aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung hergestellt sein muß.

b) Für die Dicke der Isolierhüllen gelten die Werte in Tafel II und III.

c) Die Gummihülle der Leiter muß nach Fertigstellung nachstehenden Bedingungen entsprechen:

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im ..... 19... Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 849 und ....

[2]) Der schwarz-rot-grüne Kennfaden ist dem VDE als Warenzeichen (Verbandszeichen) geschützt.

[3]) In Vorbereitung.

Digitized by Google

Die Gummihülle ist einer Alterungsprüfung zu unterwerfen. Die Gummihülle wird 7 Tage lang im Trockenschrank mit zirkulierender Luft durch Erwärmung auf 70° gealtert. Die Alterung ist an der Ader ohne gummiertes Band, aber mit dem Leiter vorzunehmen. Vor und nach der Alterung muß die Gummihülle noch eine Zugfestigkeit von mindestens 50 kg/cm² und eine Bruchdehnung von mindestens 250 % der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen. Die Prüfung der mechanischen Eigenschaften nach der Alterung hat erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Trockenschrank zu erfolgen.

Tafel II. Dicke der Isolierhülle für Einleiterkabel.

1	2	1	2
Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm	Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm
1,5	1,5	50	2,3
2,5	1,5	70	2,4
4	1,5	95	2,6
6	1,5	120	2,6
10	1,7	150	2,8
16	1,7	185	3,0
25	2,0	240	3,2
35	2,0	300	3,4
		400	3,7
		500	4,0

Tafel III. Dicke der Isolierhülle für Mehrleiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel.

1	2	1	2
Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm	Nennquerschnitt mm²	Mindestwanddicke der Gummihülle mm
1,5	0,8	50	1,6
2,5	0,9	70	1,6
4	1,0	95	1,8
6	1,0	120	1,8
10	1,2	150	2,0
16	1,2	185	2,2
25	1,4	—	—
35	1,4	—	—

d) Die Gummihülle wird mit gummiertem, gewebtem Band bewickelt.

e) Bei Mehrleiterkabeln werden die Einzeladern verseilt und mit einer Bitumen-Kautschukmischung dicht umpreßt. Die Dicke des Mantels muß den Werten der Tafel IV entsprechen.

Tafel IV. Dicke der gemeinsamen Bitumen-Kautschukhülle für Mehrleiterkabel.

1	2
Durchmesser über den verseilten Adern mm	Dicke der Bitumen-Kautschukhülle mm
bis 13	0,7
16	0,8
19	1,0
35	1,2
39	1,4
50	1,5
55	1,6

§ 6.

Bleimantel.

a) Für die Dicke des Bleimantels gelten die Werte in Tafel V.

b) Die in Tafel V angegebenen Werte für die Dicke des Bleimantels sind Mittelwerte. Die Dicke des Bleimantels ist durch Messung mit der Mikrometerschraube festzustellen. Wenigstens fünf Messungen sind an möglichst gleichmäßig verteilten Stellen eines Bleistreifens auszuführen, der dem Mantel in der Umfangsrichtung entnommen ist. Die Breite des Streifens soll etwa gleich dem Manteldurchmesser sein. Der Mittelwert der Messung an einer Probe darf den vorgeschriebenen Wert nicht unterschreiten, während der kleinste bei den Messungen gefundene Wert um nicht mehr als 10 % unter dem vorgeschriebenen Wert liegen darf.

Tafel V. Dicke des Bleimantels.

1	2	1	2
Durchmesser unter dem Bleimantel mm	Dicke des Bleimantels mm	Durchmesser unter dem Bleimantel mm	Dicke des Bleimantels mm
		bis 50	2,0
bis 14	0,9	53	2,1
18	1,0	56	2,2
23	1,1	59	2,3
26	1,2	—	—
29	1,3	—	—
32	1,4	—	—
35	1,5	—	—
38	1,6	—	—
41	1,7	—	—
44	1,8	—	—
47	1,9	—	—

§ 7.

Umhüllung und Bewehrung.

a) Für den Aufbau der Umhüllung und Bewehrung gilt Tafel VI.

Tafel VI. Umhüllung und Bewehrung.

Aufbau	Werkstoff	Dicke in mm bei Durchmesser über Blei bis 35 mm	über 35—58 mm	über 58 mm
Umhüllung des Bleimantels bei nicht bewehrten Kabeln	zähflüssiger Compound mehrere Lagen vorgetränkten Papiers zähflüssiger Compound mehrere Lagen vorgetränkten Papiers zähflüssiger Compound 1 Lage vorgetränkter Jute, harter Compound	2,5	3,0	3,0
Umhüllung des Bleimantels bei bewehrten Kabeln	zähflüssiger Compound mehrere Lagen vorgetränkten Papiers zähflüssiger Compound vorgetränkten Faserstoffs zähflüssiger Compound*)	1,2	1,5	1,7
	desgl. bei auf Zug stark beanspruchten Kabeln (z. B. Schachtkabeln)	1,8	2,2	2,5
Bewehrung	2 Lagen heiß compoundiert. Bandeisen**)	0,5	0,8	1,0
Umhüllung der Bewehrung	zähflüssiger Compound 1 Lage vorgetränkter Jute harter Compound	1,5	1,5	2,0

*) Fällt bei drahtbewehrten Kabeln fort.
**) Für Kabel bis 12 mm Durchmesser über Blei wird an Stelle der Bandeisenbewehrung zweckmäßig eine Bewehrung aus verzinktem Runddraht oder Flachdraht aufgebracht.

b) Die in Tafel VI angegebenen Werte für die Dicke sind Mittelwerte. Örtliche Abweichungen sind zulässig:

für die Umhüllung über dem Bleimantel . . ± 20 %
für die Umhüllung über der Bewehrung . . ± 20 %
für die Bewehrung aus Eisenband, Rund- oder Flachdraht . . . . . ± 10 %

B. Prüfbestimmungen.

§ 8.

Die Kabel werden in der Fabrik geprüft und müssen eine Wechselspannung von 3 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Bleimantel während ½ h aushalten.

C. Belastbarkeit von Gummibleikabeln.

§ 9.

In Vorbereitung.

VDE-Tagung in München.

Bei der Tagung sind einige Gegenstände verloren bzw. vertauscht worden. Fundsachen bitten wir an die VDE-Geschäftstelle in München 5, Blumenstr. 28, Zimmer 386, einzusenden.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
i. V. Zimmermann.

Digitized by Google

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein e. V.

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 II, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Neuanmeldungen zum VDE Gau Berlin-Brandenburg in den Monaten Mai und Juni 1936.

Barchfeld, Johannes, Berlin
Barth, Karlheinz, Dipl.-Ing., Neubabelsberg
Bauermeister, Willy, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Bayha, Helmut, Obering., Bln.-Siemensstadt
Berndt, Hans-Otto, Ingenieur, Bln.-Siemensstadt
Bernhöft, Hermann, Ingenieur, Bln.-Johannisthal
Beyer, Heinz, Ingenieur, Bln.-Lichterfelde
Bock, Karl, Dipl.-Ing., Bln.-Friedenau
Boening, Franz Hermann, Dipl.-Ing., Bln.-Friedenau
Brachvogel, Günter, Dipl.-Ing., Bln.-Spandau
Breyer, Felix, Dr.-Ing., Bln.-Schöneberg
Decker, Georg, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Degen, Karl, Ingenieur, Bln.-Marienfelde
Dittmann, Viktor, Dipl.-Ing., Berlin
Drzyzga, Gerhard, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Eckart, Gottfried, Dr.-Ing., Mirow
Else, Heinz, Ingenieur, Falkensee
von Eschenbach, Gerhard, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Felsner, Artur, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Fink, Erwin, Elektroing., Bln.-Charlottenburg
Franckenstein, Günther, Dr.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Freyschmidt, Karl, Elektroing., Finsterwalde
Frost, Heinz, Ingenieur, Berlin
Fürneisen, Friedrich, Ingenieur, Bln.-Spandau
Gebhardt, Julius, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Geffcken, Werner, Physiker, Bln.-Charlottenburg
Gerth, Felix, Obering., Dr., Bln.-Tempelhof
Geyger, Wilhelm, Physiker, Bln.-Schmargendorf
Glaser, August, Physiker, Bln.-Frohnau
Gottschalk, Heinrich, Techniker, Nauen
Grießbach, Werner, Elektroing., Hennigsdorf
Grünwald, Friedrich, Dipl.-Ing., Berlin
Gugel, Hans, Elektroing., Bln.-Oberschöneweide
Günter, Albrecht, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Günther, Richard, Dipl.-Ing., Berlin
Hamel, Georg, Professor, Dr. phil., Berlin
Heitmeier, Adolf, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Herbst, Wilhelm, Ingenieur, Velten/Mark
Hesse, Erwin, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Himml, Fedor, Elektrotechniker, Bln.-Karlshorst
Hockert, Walter, Ingenieur, Bln.-Zehlendorf
Hoppe, Werner, Dr.-Ing., Mahlow
Houba, Werner, Ingenieur, Berlin
Hube, Walter, Ingenieur, Bln.-Friedenau
Jacob, Günther, Ingenieur, Bln.-Lichterfelde-West
Jacobs, Friedr. Wilh., Ingenieur, Bln.-Neukölln
Jäger, Wilhelm, Dipl.-Ing., Bln.-Wilmersdorf
Janczikowski, Kurt, Dipl.-Ing., Bln.-Pankow
Johann, Fritz, Ingenieur, Potsdam-Bornim
Johns, John, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Kaiser, Franz, Dipl.-Ing., Bln.-Neukölln
Kalkner, Bernhard, Dr.-Ing., Bln.-Schmargendorf
Kampmann, Kurt, Elektroing., Frankfurt/O.
Kanitz, Rolf, Bln.-Friedenau
Kanow, Rudolf, Elektroing., Bln.-Pankow
Kedesdy, Horst, cand. ing., Bln.-Wilmersdorf
Keller, Georg, Ingenieur, Bln.-Haselhorst
Kinder, Herbert, Dipl.-Ing., Bln.-Mariendorf
Kirschstein, Friedrich, Dr.-Ing., Bln.-Wilmersdorf
Kirstein, Wilhelm, Elektroing., Soldin N/M
Klatte, Gerhart, Dipl.-Ing., Berlin
Kluge, Martin, Dr.-Ing. habil., Bln.-Wilmersdorf
Kluge, Werner, Dr.-Ing., Bln.-Niederschönhausen
Kother, Hans, Dr.-Ing., Bln.-Siemensstadt
Krämer, Werner, Dr.-Ing., Bln.-Karlshorst
Kroker, Georg, Dipl.-Ing., Bln.-Tempelhof
Kuhberg, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., Potsdam
Kunz, Friedrich, Elektroing., Bln.-Siemensstadt
Küper, Fritz, Elektroing., Berlin
Kurth, Hans, Dipl.-Ing., Bln.-Lichterfelde-Ost
Lannert, Arthur, Ingenieur, Bln.-Tempelhof
Lehnart, Martin, Kottbus
Leukert, Wilhelm, Obering., Bln.-Siemensstadt
Ley, Alfred, Ingenieur, Berlin
Loh, Heinz, Bln.-Friedenau
Masing, Georg, Professor, Dr. phil., Bln.-Wilmersdorf
Mehne, Rudolf, Bln.-Charlottenburg
Messerschmidt, Fritz, Ingenieur, Bln.-Lichterfelde
Möhring, Dieter, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Mühl, Günter, Ingenieur, Bln.-Schöneberg
Müller, Heinz, Ingenieur, Bln.-Spandau
Mutter, Karl, Dipl.-Ing., Berlin
Nagel, Otto, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Partzsch, Arthur, Dr. phil., Bln.-Karlshorst
Peter, Karl-Heinz, Elektroing., Bln.-Reinickendorf-Ost
Postnikoff, Georg, cand. ing., Wismar/Mecklbg.
Pust, Detlev, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Rathmann, Erich, Ingenieur, Zeuthen b. Berlin
Reichert, Walther, Dipl.-Ing., Bln.-Steglitz
Renner, Otto, Dipl.-Ing., Berlin
Richter, Rudolf, Ingenieur, Teltow-Seehof b. Berlin
Rödiger, Wilhelm, Dipl.-Ing., Bln.-Lichterfelde
Röseler, Rudolf, Ingenieur, Bln.-Friedrichsfelde
Rusch, Wilhelm, Zeesen-Körbiskrug
Saeger, Wilhelm, Ingenieur, Bln.-Britz
Seemann, Kurt, cand. ing., Bln.-Neukölln
Siebenäuger, Johann, Ingenieur, Teplitz-Schönau
Schevret, Walter, Elektrotechniker, Brandenburg/Havel
Schirrmeister, Albert, Elektroing., Berlin
Schönfeld, Erich, Ingenieur, Bln.-Weißensee
Schuler, Hans, Dipl.-Ing., Bln.-Neutempelhof
Schulz, Herbert, Elektroing., Bln.-Charlottenburg
Schulz, Kurt, Ingenieur, Landsberg/W.
Schuepp, Reinhold, Ingenieur, Lahore (Brit.-Indien)
Steger, Walter, Professor, Dr., Bln.-Grunewald
Thiele, Ernst, Luckenwalde
Thies, Wilhelm, Abteilungsdirektor, Falkenhain
Titze, Hans, Dr.-Ing., Rehbrücke bei Potsdam
Wäller, Willy, Elektroing., Bln.-Friedenau
Wallmüller, Fritz, Direktor, Bln.-Lankwitz
Werner, Alfred, Ingenieur, Bln.-Friedenau
Werner, Kurt, Dipl.-Ing., Berlin
Wisseler, C., Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Witte, Heinz, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Wüst, Hans, Dr.-Ing., Bln.-Friedenau
Wutke, Heinz, cand. ing., Bln.-Neukölln
Zimmer, Edmund, Ingenieur, Bln.-Haselhorst
Zimmermann, Hans Jürgen, Elektroing., Finkenkrug.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Halle.

Herr Dr. Fr. Heidenreich hielt am 16. 3. 1936 einen Vortrag über „Der augenblickliche Stand des Fernsehens". Der Vorgang beim Fernsehen ist kurz folgender: Lichtenergie, die entweder von einem Gegenstand oder von einem Bild, sei es ein Diapositiv oder ein Film, ausgeht, wird wie die Schallenergie beim Tonrundfunk in elektrische Energie umgesetzt. Diese wird von einem Sender in den Raum ausgestrahlt, vom Empfänger aufgenommen und wieder in Lichtenergie verwandelt. Die Physik kennt eine ganze Anzahl von „Effekten", die eine unmittelbare Beziehung zwischen optischen und elektrischen bzw. elektromagnetischen Vorgängen geben. Für das Fernsehen ist augenblicklich der Photoeffekt der wichtigste. Die Photozelle verwandelt die Lichtenergie in elektrische Energie, sie vertritt die Stelle des Mikrophons im Rundfunk. Die Fernsehtechnik verwendet im Gegensatz zum Tonfilm hochevakuierte (ungefähr 10^{-6} mm Hg) Zellen. Schaltet man eine solche Zelle mit einem Widerstand und einer Batterie in Reihe, so fließt erst bei Belichtung der Zelle ein Strom, der der Belichtungsstärke proportional ist, durch den Widerstand. Die Übertragung eines Bildes beim Fernsehen versteht man am besten, wenn man sich kurz das Arbeiten des menschlichen Auges klarmacht. Die lichtempfindliche Schicht des Auges besteht aus kleinsten Elementen (auf 1 mm^2 500 Stäbchen und 200 Zäpfchen), von denen ein jedes dem Gehirn den erhaltenen Lichteindruck mitteilt, d. h. aber unser Auge löst das Bild in eine große Anzahl von kleinsten Elementen auf, und die Zentrale, das Gehirn, setzt daraus das Bild des Gegenstandes zusammen. Diese Zerlegung in Bildelemente übernimmt der Fernsehtechniker; die Trägheit des Auges erlaubt es, die Signale der einzelnen Punkte, die ihm die Photozelle liefert, auf einer einzigen Leitung zum Sender und Empfänger zu geben. 25mal in der Sekunde wird „ein Gegenstand in Lichtpunkte zerlegt", er wird „abgetastet". Die Abtastung geschieht genau so, wie wir mit unserem Auge Zeile für Zeile eine Buchseite lesen. Die Nipkow-Scheibe, vor 52 Jahren meldete Paul Nipkow sie zum Patent an, besorgt diese „Rasterung", eine Scheibe, die entweder einen Lochkreis oder eine Lochspirale besitzt. Der einfachste Fall ist die Abtastung eines Diapositivs: An einer bestimmten Stelle der Nipkow-Scheibe, die von einem Synchronmotor angetrieben wird, befindet sich eine Bogenlampe, deren Licht durch eine Linse auf die Scheibe fällt. Hinter der Scheibe ist das Diapositiv aufgestellt, dahinter wieder eine Linse, die das durch das Loch der Scheibe und durch das Diapositiv fallende Licht in die Photozelle sammelt. In diesem Falle trägt die Scheibe eine Lochspirale und zerlegt das Bild in so viel Zeilen, als Löcher auf ihr vorhanden sind. Der deutsche Fernsehsender Witzleben arbeitet augenblicklich mit 180 Zeilen und, wie oben erwähnt, 25 Bilder/s. Die weiteren Aufgaben sind Film- und Personenabtastung, die beide mit der Nipkow-Scheibe geschehen. Um schnelle Berichterstattung zu geben, bedient man sich des Zwischenfilmverfahrens, wobei allerdings die Übertragung eine Verzögerung von 50 bis 60 s erfährt. Die Art der Abtastung pflegt man

Digitized by Google

durch die Zahl der Bildpunkte anzugeben. Der Bildpunkt ist ein Quadrat, dessen Kantenlänge der Zeilenbreite entspricht. Bei quadratischem Format hat also ein 200-Zeilen-Bild 40 000 Bildpunkte.

Nun der elektrische Teil: Die Photozelle gibt für jedes Bildelement ein bestimmtes Signal, am Photozellenwiderstand entsteht jeweils eine Spannung (der durch ihn fließende Strom ist von der Größenordnung von $^1/_{1000}$ mA), die auf das Gitter der Eingangsröhre eines Verstärkers gegeben wird. Dieser ist meist ein Trägerfrequenzverstärker. An seinem Ausgang erhält man Wechselstromzeichen, die mit Hilfe eines Transformators auf das Kabel zum Sender gegeben werden. Im Endverstärker wird die 7-Meter-Welle mit den Zeichen moduliert, die Antenne strahlt sie aus. Die höchste Bildfrequenz, die beim 200-Zeilenbild zu übertragen ist, wäre dann vorhanden, wenn jedesmal auf einen weißen ein schwarzer Bildpunkt folgen würde; sie ist dann 25 (Bilder/s) × 40 000 (Bildpunkte/s) : 2 = 500 000. Ein einziger Bildpunktsender würde also das gesamte Frequenzband der europäischen Rundfunksender notwendig haben. Daher konnte man die im Rundfunk verwendeten Trägerwellen nicht benutzen und ging zu den Ultrakurzwellen über. Diese haben leider den Nachteil, daß ihr Empfang nur in Sichtweite des Senders möglich ist. Sie breiten sich wie Lichtstrahlen aus. Auf Grund von Untersuchungen der Reichspost sind zur Versorgung von ganz Deutschland ungefähr 35 Sender notwendig. Zu den Grundbedingungen des Fernsehens gehört, daß die Zerlegung des Bildes am Sender und der Wiederaufbau am Empfänger völlig synchron erfolgen. Man verwendet in Deutschland das Schrieversche Verfahren. Der Schwarzwert des Bildes entspricht ¼ Antennenstrom, die Synchronisierzeichen werden am Ende jeder Zeile und jedes Bildes durch das Austasten des Antennenstromes auf Null gegeben. Wie wichtig die Synchronisierung ist, sieht man am deutlichsten beim Zeilensprungverfahren, ein Verfahren, welches das Flimmern des Fernsehbildes verhüten soll (man tastet nicht wie gewöhnlich die 1., 2., 3. . . . Zeile ab, sondern erst die 1.. 3. 5. . . . und dann die 2., 4., 6 . . .). Schon bei einer Abweichung von über 0,3 ‰ ist das Auge imstande, jeweils 2 Zeilen nebeneinander zu erkennen. Auf der Empfängerseite sind heute sämtliche Empfänger mit mechanischen Teilen verschwunden. Nur als Großraumempfänger sei das Zwischenfilmverfahren der Fernseh AG. erwähnt. Die heutigen Heimempfänger arbeiten mit der Braunschen Röhre. Ein solcher Fernsehempfänger ist ein Superhet, ein Überlagerungsempfänger. Auf die Hochfrequenzverstärkung folgt die Stufe, die die Umwandlung der Hochfrequenz in die Zwischenfrequenz besorgt, darauf der Zwischenfrequenzverstärker. Am Ausgang des Bildempfängers erhalten wir die Bild- und Synchronierzeichen für Bild- und Zeilenwechsel. Die Trennung beider besorgt die sogenannte elektrische Weiche, Elektronenröhren, die so gesteuert werden, daß sie nur die eine von beiden durchlassen. Im Braunschen Rohr wird ein Kathodenstrahl erzeugt, der beschleunigt wird und auf einen Fluoreszenzschirm trifft. Diesen regen die auftreffenden Elektronen zum Leuchten an. Durch ein Steuergitter wird die Zahl der Elektronen geregelt, die Steuerung erfolgt durch die Bildzeichen. Die Hin- und Herbewegung des Strahles besorgen sägezahnförmige elektrostatische oder magnetische Felder, die durch die Synchronisierungszeichen gesteuert werden. Der Strahl läuft wie der durch die Nipkow-Scheibe fallende Lichtstrahl beim Sender auf dem Schirm der Braunschen Röhre hin und her, seine Intensität ist in jedem Punkt dem Signal, welches die Photozelle am Sender liefert, proportional. Man versucht heute auch auf der Senderseite die Mechanik durch Elektronik zu ersetzen. Wichtig ist dies vor allen Dingen für die unmittelbare Freilichtübertragung. Zwei Verfahren arbeiten heute schon befriedigend: Das eine ist das von V. K. Zworykin gebaute Ikonoskop, das den großen Vorteil der lichtelektrischen Speicherung besitzt. Das auf eine aus vielen Elementen bestehende photoempfindliche Schicht durch eine Optik geworfene Bild regt die Schicht zur Aussendung von Photoelektronen an, die dadurch entstandene Ladung tastet der Elektronenstrahl ab. Zweites Verfahren: Die Farnsworthsche „dissector tube" in Verbindung mit dem Sekundärelektronenvervielfacher[1]).

[1]) Funktechn. Monatshefte (1936) H. 3, S. 115.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

P. Stoffer †. Am 23. Juni 1936 starb unerwartet nach einer schweren Operation Herr Dipl.-Ing. Paul Stoffer, Vorstandsmitglied der Elektrizitätswerk Schlesien Aktiengesellschaft in Breslau und Leiter der Bezirksgruppe Schlesien der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung.

P. Stoffer †.

Herr Stoffer, der während des Krieges der deutschen Kriegsmarine angehörte, studierte nach dem Krieg an der Technischen Hochschule Berlin und war sodann zehn Jahre bei der AEG tätig. Er arbeitete dort mit bei der Planung und beim Bau des Großkraftwerkes Klingenberg und war später drei Jahre im Auftrage der AEG in Joinville in Brasilien und bei der Papierfabrik der Companhia Melhoramentos bei Sao Paulo. Im Jahre 1933 kehrte er nach Deutschland zurück und kam zu der Elektrizitätswerk Schlesien AG., zunächst als Betriebsdirektor. Anfang 1936 wurde er ordentliches Vorstandsmitglied. Seit Februar 1934 war Herr Stoffer Leiter der Bezirksgruppe Schlesien der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung.

Die deutsche Elektrizitätswirtschaft verliert in Herrn Stoffer einen treuen Freund, der rastlos tätig war in ihrem Dienste. Alle, die Herrn Stoffer kannten, werden den frohen Lebenskameraden sehr vermissen und ihn nicht vergessen. Die deutsche Elektrizitätswirtschaft wird diesem aufrechten deutschen Mann stets ein ehrendes Gedenken bewahren.

Ph. Lenard. Am 9. d. M. feierte Herr Geheimrat Professor Dr. Philipp Lenard sein goldenes Doktorjubiläum. Philipp Lenard wurde am 7. 6. 1862 in Preßburg geboren. Er hörte u. a. in Berlin bei Helmholtz und in Heidelberg bei Bunsen und Quincke. Vor 50 Jahren, 1886, erwarb er den Doktorgrad und wurde ein Jahr darauf Assistent bei Quincke, später bei Heinrich Hertz in Bonn. 1892 habilitierte sich Lenard dortselbst als Privatdozent. Zwei Jahre später, 1894, wurde er nach Breslau und 1895 an die Technische Hochschule Aachen berufen. 1896 war er a. o. Professor der theoretischen Physik in Heidelberg, 1898 ord. Professor und Direktor des Physikalischen Instituts an der Universität Kiel. Von 1907 an wirkte er wiederum an der Universität Heidelberg bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1931.

Digitized by Google

Philipp Lenard hat grundlegende Untersuchungen auf den verschiedensten Gebieten der Physik, namentlich der Kathodenstrahlen, angestellt und erhielt 1905 den Nobelpreis für Physik. Zahlreiche Bücher erschienen aus seiner Feder, von denen sein soeben erst erschienenes Werk „Deutsche Physik in vier Bänden" besonders genannt sei.

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Prüfung und Genauigkeit thermischer Auslöser (Motorschutzauslöser).

621. 316. 925. 44

Herr Obering. H. Franken kommt in seinem obengenannten Aufsatz [ETZ 56 (1935) S. 1301 u. 1350] zu einer Schlußfolgerung über die Vorzüge des Bandauslösers und Nachteile des Bimetallauslösers, denen nicht beigepflichtet werden kann.

1. Aus der Grundformel

$$s_3 - s_d = (s_0 + s_1) - s_d$$

für dreiphasige Auslöser folgert Franken für einphasige Belastung

$$s_1 - 3\,s_d = s_0 + \frac{s_t}{3} - 3\,s_d .$$

Diese Folgerung beruht auf der Annahme, daß die Kraft zur Bewegung der Schaltklinke bei dreiphasiger Belastung von drei Auslösern aufgebracht wird, bei einphasiger Belastung dagegen von einem Auslöser. Selbstverständlich erfährt jeder Bimetallstreifen, der nach einem gewissen Leerhub mit einer Gegenkraft belastet wird, eine Durchbiegung, genau wie sich bei einem Band- oder Hitzdrahtauslöser durch Banddehnung, Lagerspiel und Durchbiegung der Übersetzungsglieder Abweichungen ergeben. Die Größe des Fehlers hängt ab von der Größe der Gegenkraft. Wenn diese unveränderlich ist, kann der Fehler durch eine sorgfältige Eichung vollständig ausgeglichen werden.

Ein Durchbiegungsfehler, der durch die Eichung nicht erfaßt werden kann, würde entstehen, wenn die in obiger Gleichung zum Ausdruck gebrachte Voraussetzung zutreffend wäre. Unsere jahrelangen Arbeiten auf dem Gebiet der thermischen Überstromauslöser und die Untersuchung eigener und fremder marktgängiger Geräte zeigten jedoch, daß diese Voraussetzung nicht aufrechterhalten werden kann. Auch wenn die Belastung aller drei Auslöser genau die gleiche ist, wird die Kraft zur Betätigung der Schaltklinke meist vollständig, zumindest aber zum überwiegenden Teil von einem einzigen Auslöser aufgebracht; daran kann auch die sorgfältigste Eichung nichts ändern. Wenn z. B. bei der Eichung alle drei Auslöser beim Grenzstrom auf genau gleichem Weg einjustiert werden, sind bei einer Belastung mit dem 1,4fachen Strom wieder Wegunterschiede vorhanden, ebenso natürlich bei einer Verstellung des Auslösers auf einen anderen Stromwert. Obwohl diese Hubabweichungen sehr gering sind und bei weitem innerhalb der durch die Prüfvorschriften des VDE gezogenen Grenzen liegen, lassen sie infolge des großen Hubes der Bimetallauslöser die vom Verfasser befürchteten Nachteile selbst bei genau gleicher Belastung aller drei Phasen nicht eintreten. Dazu kommt noch, daß eine genaue Übereinstimmung der Belastung in allen drei Phasen praktisch kaum vorkommt, da die Ströme in den drei Wicklungssträngen eines Drehstrommotors nicht genau gleich sind. Außerdem ist kaum mit der Belastung nur eines Auslösers zu rechnen, da heute die Überstromrelais allgemein dreiphasig ausgeführt werden und bei Ausfall von zwei Phasen auch die dritte spannungslos wird. Es müssen also schon unwahrscheinlich viele ungewöhnliche Umstände zusammentreffen, wenn der vom Verfasser befürchtete Durchbiegungsfehler auftreten soll. Bei einer erprobten Konstruktion mit Bimetallauslösern gibt es die erwähnten Durchbiegungsfehler von 5 bis 15 % nicht.

Den theoretischen Annahmen des Verfassers seien einige Messungen am FANAL-Motorschutz der Firma Metzenauer & Jung gegenübergestellt. Kraftbedarf der erschütterungssicheren Verklinkung 40 g. Bei einem Sicherheitszuschlag von 25 % ergibt sich die Durchbiegung des eingebauten Bistreifens zu

$$f = \frac{P \cdot 1^3}{E\,I \cdot 3} = 0{,}12 \text{ mm}.$$

Das ist, auf den vollen Hub bezogen, eine Durchbiegung von 2 %, ein Wert, der sich mit den durchgeführten Messungen gut deckt. Bei der fraglichen Konstruktion ist der Kraftbedarf der Klinke bei den einzelnen Auslösungen sehr konstant. Selbst wenn man mit dem stark übertriebenen Wert einer Schwankung des Kraftbedarfs von ± 20 % rechnen würde, änderte sich dadurch die Durchbiegung des Streifens nur zwischen 0,096 und 0,144 mm. Daraus ergibt sich für den kleinsten Skalenwert 5 A ein Durchbiegungsfehler von 1,2 %, für den größten Skalenwert 15 A ein solcher von 0,4 %, d. h. Werte, die praktisch keine Rolle spielen.

Der vom Verfasser für die Durchbiegung gewählte Ausdruck „Verformung" könnte die falsche Vorstellung erwecken, daß darunter eine bleibende Verformung zu verstehen sei, während es sich in Wirklichkeit um eine Durchbiegung handelt, die selbstverständlich innerhalb der Elastizitätsgrenze des Bimetalls liegt.

2. Der von H. Franken erwähnte Temperaturfehler tritt nur bei einer Konstruktion auf, die nicht von vornherein Maßnahmen zur Vermeidung dieses Fehlers besitzt. Bei der vorerwähnten Konstruktion des FANAL-Motorschutzes z. B. sind die einzelnen Auslöser in besondere Kammern eingeschlossen (DRP. angem.), wodurch eine gegenseitige Wärmebeeinflussung erschwert wird. Für die Auslösung ist es also nahezu gleichgültig, ob 1, 2 oder 3 Auslöser vom Strom geheizt werden, da die gegenseitige Beeinflussung durch Trennwände unmöglich gemacht ist. Auch die vom Verfasser gefürchteten Einflüsse der Raumtemperatur bei den verhältnismäßig niedrigen Arbeitstemperaturen von Bimetallauslösern sind bei der genannten Konstruktion hinfällig durch die Verwendung eines Kompensationsstreifens, der ein thermisches Abbild der Bimetallauslöser darstellt und dadurch den Einfluß der Raumtemperatur vollständig ausschaltet (DRP. angem.). Daraus geht also hervor, daß bei einer zweckmäßigen Konstruktion von Bimetallauslösern der Temperaturfehler vollkommen vermieden werden kann, während er selbstverständlich bei der vom Verfasser beschriebenen Ausführung in voller Höhe wirksam ist.

3. Die Temperatureinstellung durch Änderung des Hubes wird vom Verfasser als nachteilig angesehen. Er empfiehlt statt dessen die Anpassung der Auslöser an den Motorstrom durch veränderliche Nebenschlüsse. Unter der willkürlichen Voraussetzung einer Abweichung von 5 % errechnet der Verfasser aus der Gleichung

$$I' = m\,I_n \sqrt{\frac{m^2 + r - 1}{m^2\,r}}$$

für einen Bimetallauslöser 5 bis 15 A für den Skalenendwert einen Fehler von 2,3 %. Dieses Ergebnis fände man nur dann, wenn eine Eichung des Auslösers auf dem untersten Skalenwert vorgenommen würde, d. h. unter der Voraussetzung $m = 3$. Eine verantwortungsbewußte Firma wird natürlich niemals diesen Fehler begehen, sondern stets die Eichung auf den mittleren Skalenwert vornehmen und dann die Einstellung auf dem obersten und untersten Skalenwert nachprüfen. Unter dieser Voraussetzung ist $m = 1{,}5$, und es ergibt sich durch Einsetzen der Zahlenwerte

$$I' = 1{,}5 \cdot 10^{\frac{1{,}5^2 + 1{,}05 - 1}{1{,}5^2 \cdot 1{,}05}} = 1{,}4\,\%.$$

Wenn man die von den Verbrauchern begrüßte und geforderte weite Verstellbarkeit von 5 bis 15 A nicht durch Hubveränderung, sondern durch Austausch von Nebenschlüssen erreichen wollte, wäre es notwendig, einen Auslöser von 5 A zu wählen in Verbindung mit einer Reihe von Nebenschlüssen für alle Ströme zwischen 1 und 10 A. Selbstverständlich unterlaufen auch beim Abgleichen solcher Nebenschlußwiderstände Ohmwertfehler, die in der Stromverzweigung je nach dem Verhältnis von $I_1 : I_2$ recht beträchtliche Auslösefehler zur Folge haben können. Dazu können noch wesentlich größere Fehler kommen durch die Übergangswiderstände, die an sich bedeutungslos klein sein können, die aber auch durch die vorzüglichsten Fabrikationseinrichtungen nicht beherrscht werden können, da ihre

Digitized by Google

Größe ausschließlich von der Sorgfalt des Installateurs auf der Baustelle abhängt, auf die der Hersteller keinen Einfluß hat. Auch dürfte die Verstellung einer in Ampere geeichten Skala für den Installateur infolge ihrer Sinnfälligkeit einfacher sein und weniger oft zu Fehlern führen als die Auswechslung oder Hinzufügung eines Nebenschlußwiderstandes[1]).

4. Die vom Verfasser gewählte Art der Beweisführung ist nicht in der Lage, über die Güte eines Schaltgeräts ein brauchbares Urteil zu ermöglichen, da sie von Unterlagen und Voraussetzungen ausgeht, die unsicher und nicht allgemein gültig sind. Durchbiegungsfehler, Temperaturfehler und Skalenfehler können durch konstruktive Maßnahmen, sachgemäße Herstellung und sorgfältige Eichung in sehr kleinen Grenzen gehalten werden. In dieser Hinsicht hat ein Motorschutz mit Bimetallauslösern zumindest keinen Nachteil gegenüber dem Band- oder Hitzdrahtauslöser.

Wuppertal-Elberfeld, 26. 2. 1936.

Metzenauer & Jung.

Erwiderung.

Zu den Ausführungen der Firma Metzenauer & Jung ist zu sagen:

Zu 1: Die Voraussetzungen meiner Arbeit sind richtig, denn die Behauptung der Firma Metzenauer & Jung, bei drei Bimetallstreifen und dreiphasiger Belastung würde die Schaltbrücke nur von einem einzigen Auslöser geschoben, ist in der Tat nur unter einer Annahme richtig, die aber wohl kaum eine Herstellerfirma wird machen wollen. Man muß dann nämlich voraussetzen, daß die Eichung mehr als schlecht durchgeführt wird. Wenn sich dieses Verhältnis bei höheren Skalenwerten, z. B. dem 1,4fachen Grenzstrom, in der Praxis wieder ändert, dann wäre das nur so zu erklären, daß die Wegunterschiede an sich schon ein Ausmaß erreichen, das ein gleichmäßiges Arbeiten der drei Einzelphasen unmöglich macht. So außerordentliche kleine Verformungen, wie behauptet wird, sind in der Praxis kaum zu finden. Errechnen lassen sich die Verformungen nicht so einfach, als man es sich meistens vorstellt. Es wird z. B. übersehen, daß der Elastizitätsmodul sich mit der Temperatur ändert. Auch ist er gerade bei Bimetall durchaus nicht so gleichmäßig, wie man es sonst bei homogenen Stoffen gewohnt ist. Erst recht führt dieses Verfahren kaum zum Ziel, wenn man keine einfachen geraden Bimetallstreifen verwendet. An dieser Stelle sei erwähnt, daß die Ableitungen meiner Arbeit den Zweck hatten, die Zusammenhänge klarzustellen und einen Einblick in die Vorgänge zu ermöglichen. Die Fehlerwege selbst habe ich gar nicht errechnet, sondern nur ihren Einfluß gezeigt.

Die in dem Aufsatz auf S. 1352, Spalte 2 angegebenen Werte sind gemessen, also nicht willkürlich angenommen, d. h. es sind Teilwerte gemessen, außerdem die Werte von f_g durch praktische Belastung mit einphasigen und dreiphasigen Strömen, die Werte f_d und f_t aus den Teilwerten errechnet. Sie stehen aber mit den gemessenen Werten für den Gesamtfehler in dem erforderlichen Zusammenhang. Selbstverständlich sind bei Bandauslösern auch die Fehler der Übersetzungsglieder mitberücksichtigt. Die Verformungswege der Bänder selbst sind außerordentlich gering. Es würden bei ihnen allein fast gar keine Verformungsfehler erkennbar sein.

Diese Frage ist aber auch gar nicht so wichtig für die Beurteilung, ob alle drei Auslöser gleichzeitig im Eingriff sind oder nicht; denn zu dem Verformungsweg kommt noch der Umstand, daß jede Klinke eines bestimmten Arbeitsweges bedarf. Es ist sehr häufig der Fall, u. a. auch bei einer von mir untersuchten Konstruktion der Firma Metzenauer & Jung, daß die Auslöser bei Einstellung auf niedrige Skalenwerte schon im kalten Zustand mit dem Klinkenhebel im Eingriff sind. Es ist danach unvorstellbar, daß unter diesen Umständen noch ein einziger Hebel bei dreiphasiger Belastung die Auslösekräfte allein übernehmen kann. Es werden alle drei gleichmäßig belastet sein. Erst wenn einzelne Auslöser stromlos bleiben, kommen deren Auslösehebel allmählich außer Eingriff.

Wenn man die Voraussetzungen meiner Arbeit nicht anerkennt, dann wäre es auch unverständlich, wo die in der Praxis bei jedem Auslöser, auch denen der Firma Metzenauer & Jung, auftretenden Unterschiede im Grenzstrom bei ein- und dreiphasiger Belastung herkommen sollen, erst recht, wenn man, wie es die Firma tut, außer dem Verformungseinfluß auch den Temperatureinfluß nicht wahr haben will.

Weiterhin wird in Abschnitt 1 noch gesagt, daß die einphasige Auslösung praktisch gar keine Bedeutung habe. In Wirklichkeit liegen zwischen der einphasigen und der gleichmäßigen dreiphasigen Belastung alle möglichen im Betrieb vorkommenden Zwischenzustände. Es ist gerade deshalb außerordentlich wichtig, daß der Schutzwert der Auslöser für die verschiedensten Möglichkeiten nicht stark voneinander abweicht. Erst dann kann der Fall, daß die Ströme meistens nicht genau gleich sind, überhaupt noch mit Erfolg erfaßt werden. Andernfalls würde bei größerer Annäherung der Belastungen eine viel frühere Auslösung einsetzen als bei weniger großer.

Es ist aber nun auch nicht so, als ob die reine einphasige Belastung praktisch keine Rolle spiele. In den Zeiten, in denen zweiphasige Auslöser noch Sitte waren, sind Motoren trotz der Schutzschalter auf Grund von Netzunsymmetrien, die u. U. starke einphasige Belastungen zur Folge haben, z. B. hinter zickzackgeschalteten Transformatoren bei Bruch einer Hochspannungsleitung, verbrannt[1]). In der ETZ 51 (1930) S. 176 ist auf Grund von Messungen z. B. gezeigt, daß, wenn eine Phase mit dem Nennstrom des Motors belastet ist, die beiden anderen erst etwa halb belastet sind. Die beiden zugehörigen Phasen eines dreiphasigen Auslösers würden also nur erst ¼ Wärmeweg haben und auch erst ¼ ihrer Betriebswärme entwickeln. Ein solcher Auslöser wäre in der Tat nur einphasig im Eingriff und die Wärmezufuhr von den beiden anderen Phasen ebenfalls sehr gering. Dieser wichtige Betriebsfall kommt dem Grenzfall der reinen einphasigen Belastung praktisch vollständig gleich. — Die Schwankungen der Reibungswiderstände der Klinke als weitere Fehlerquellen sind in dem Aufsatz von mir noch gar nicht behandelt worden. Sie stellen auch nur einen Teilwert des Durchbiegungsfehlers dar.

Zu 2: Es ist mir trotz jahrelanger Beschäftigung mit Motorschutzgeräten bis heute noch kein Schutzauslöser mit Temperaturkompensation zu Gesicht gekommen, der in der Lage ist, den Temperaturfehler vollständig auszugleichen. Eine solche Lösung könnte wohl nur darin bestehen, daß man jede einzelne Phase mit einer Kompensationseinrichtung versieht, statt einen Kompensationsstreifen zu verwenden, der von den einzelen Phasenelementen verschieden weit entfernt ist und der — mag er auch ein noch so gutes Abbild der einzelnen Auslöseelemente sein — doch niemals unter gleichen Verhältnissen arbeitet wie die einzelnen Auslöser. Kompensationseinrichtungen bei den marktgängigen Geräten sind im allgemeinen nur in der Lage, die Einflüsse der Raumtemperatur auszugleichen. Es gibt wohl Konstruktionen, die mit Überkompensation arbeiten und dadurch einen Teil der erwähnten Verformungs- und Temperaturfehler wieder wettzumachen versuchen. Das ist aber in einer die Fehler ausschließenden Form bisher noch nicht gelungen. Auch vollständig eingekapselte Schutzauslöser, wie sie von der Firma Metzenauer & Jung beschrieben werden, sind durchaus nicht in der Lage, den Temperaturfehler verschwinden zu lassen. Wenn man drei nebeneinander gebaute vollständig abgeschlossene Kammern mit je einem Auslöser besitzt, dann wird trotzdem auch bei einphasiger Belastung jeder dieser Auslöseräume eine merkbare Temperatursteigerung erfahren; denn es handelt sich darum, nicht unbedeutende Wärmemengen zu übertragen. Die Wärme muß auf irgendeine Weise nach außen, und es gibt wohl keine Möglichkeit, sie zu zwingen, vor dem Nachbarraum halt zu machen. Bei einem von mir untersuchten Auslöser der Firma Metzenauer & Jung kann die Wärme je Phasenelement beispielsweise bis auf über 6 W steigen, also Gesamtbelastung über 18 W. Diese Wärmemenge, bezogen auf die zur Verfügung stehende kleine Oberfläche der Auslösergehäuse, bedingt eine beträchtliche Temperaturerhöhung aller Teile. Eine Wärmebeeinflussung ist nicht zu vermeiden. Man kann lediglich ihr Ausmaß etwas beeinflussen.

Zu 3: Meistens erfolgt die Eichung leider derart, daß man sie auf dem Anfangswert — also der Marke 1 — vornimmt. In der Erkenntnis, daß die andere Methode besser ist, wurde z. B. von der Firma F. Klöckner seit Jah-

[1]) Vgl. hierzu die Ausführungen von Nölke, ETZ 57 (1936) H. 2, S. 37.

[1]) H. Franken, ETZ 51 (1930) S. 176; Elektrotechn. u. Maschinenb. 47 (1929) S. 1127.

Digitized by Google

ren die Skala mit einem Mittelstrich und zwei Grenzmarken für + und — 10 % ausgebildet. Die Verwendung von Nebenschlüssen allein ist von mir gar nicht ins Auge gefaßt. Eine Unzahl von Nebenschlüssen ist natürlich praktisch unmöglich. In Betracht kommt ein System von Nebenschlüssen in Verbindung mit Feinregelung; erstere sind für die Installateure, letztere für die Kunden.

Im übrigen ist von mir gar kein System empfohlen worden, sondern es wurden nur die Fehlermöglichkeiten errechnet. Die Forderung der Verbraucher liegt keineswegs einheitlich in Richtung weiter Verstellbarkeit der Auslöser. Weite Kreise stehen auf dem entgegengesetzten Standpunkt. Für den Handel ist eine große Verstellskala vielleicht einfacher, dafür aber in der Praxis um so unzweckmäßiger, weil der Verbraucher angereizt wird, bei überlasteten Maschinen einfach eine höhere Einstellung vorzunehmen und damit den Motorschutz hinfällig zu machen. Bei der Betrachtung des Problems ist zu beachten, daß es natürlich gänzlich abwegig ist, für die Nebenschlußangleichung mit den gleichen Fehlerwerten zu rechnen wie bei den Abweichungen bezüglich der Skalen. Die Werte, die für die Abweichung von den Skalen in Betracht kommen, sind unbeeinflußbar. Sie sind gegeben durch Abmessungsunterschiede, beispielsweise bei Bimetall kleine Unterschiede in der Dicke, durch Änderungen der Oberfläche und nicht zuletzt durch Änderung in den mechanischen Teilen eines solchen Auslösers. Diese Fehler sind mit 5 % außerordentlich niedrig angenommen. Sie dürften im allgemeinen viel stärker sein, wenn man z. B. an eine häufig verwandte Form des Bimetallstreifens denkt, bei dem der Streifen am Fußpunkt in einen Halbkreis übergeht. Die allerkleinste Verformung in der halbkreisförmigen Ausrundung führt zu gänzlich anderen Ausschlagwerten. Bei genau der gleichen Sorgfalt wird man bei der Abgleichung von Nebenschlüssen ganz unvergleichlich niedrigere Fehlerwerte haben. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das Ablesen der Widerstandswerte durch ein Millivoltmeter bei konstantem Eichstrom mit Leichtigkeit auf Genauigkeiten von ½ % gebracht werden kann. Ganz allgemein gilt für den Einfluß der Abgleichungsfaktor auf den Stromwert bei Nebenschlüssen die Formel

$$\frac{I'}{I} = \frac{n-1+r}{r\,n}\,.$$

Die Bedeutung der Buchstaben ist die gleiche wie in meinem Aufsatz. Bei einem Eichfehler von 3 % und $n = 1{,}5$ ist der Fehler 1 %. Bei einem Eichfehler von 1 %, eine Größenordnung, die bei Nebenschlüssen leicht erzielbar ist, wird der Faktor selbst bei $n = 3$ nur 0,7 %.

Die Übergangswiderstände spielen nur eine außerordentlich geringe Rolle, es sei denn, daß man Auslöser sehr hoher Stromstärke im Auge hat. Bei dem angeführten Beispiel eines Auslösers von 5 A, der durch einen Nebenschluß auf 15 A gebracht wird, sei beispielsweise bei 5 A ein Leistungsverbrauch von 2 W erforderlich. Das entspricht einem Spannungsabfall von 0,4 V und einem Widerstand von 0,08 Ω. Der Nebenschluß hat dann die Hälfte oder 0,04 Ω. Verwandt werden entsprechend der Gerätegröße Schrauben von 5 mm. Derartige Schraubkontakte haben erfahrungsgemäß Übergangswiderstände von etwa 1 bis höchstens $2 \cdot 10^{-4}$ Ω. Rechnet man mit dem höchsten Wert von $2 \cdot 10^{-4}$ Ω, dann sind das — auf 0,04 Ω bezogen — ½ %, oder wenn man zwei derartige Kontakte je Nebenschluß berücksichtigt, höchstens 1 %.

Zu 4: Meine Ausführungen sind sehr wohl geeignet, ein brauchbares Maß für die Fehler thermischer Auslöser abzugeben. Im Laufe der Jahre habe ich danach eine große Anzahl von Geräten untersucht. Selbstverständlich können durch konstruktive Maßnahmen, sachgemäße Herstellung und sorgfältige Eichung die Durchbiegungs-, Temperatur- und Skalenfehler in sehr kleinen Grenzen gehalten werden. Beide Auslösearten haben unter den gleichen Fehlerquellen zu leiden. Nur hoffe ich, in meinem Aufsatz gezeigt zu haben, daß es dem Konstrukteur bei dem Bandauslöser etwas einfacher ist, kleine Fehlerwerte zu erzielen, als beim Bimetallauslöser. Damit ist gegen die Brauchbarkeit von Bimetallauslösern gar nichts gesagt. Es darf nur nicht so sein, daß man, wie es häufig geschehen ist, sich um die Verformung und ihren Einfluß auf die Auslösestromstärke gar nicht kümmert.

Köln-Bayenthal, 17. 3. 1936.

H. Franken VDE.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen. Von Dipl.-Elektroing. H. Frei. Mit 48 Abb. u. 99 S. im Format 160 × 230 mm. Verlag Franz Deuticke, Leipzig und Wien 1936. Preis geh. 4 RM.

Durch Messung der Dichte der Schallenergie und ihres zeitlichen Verlaufs in einem Hallraum kann man die Schallleistung einer Schallquelle und die Größe der Absorption oder Schallschluckung im Raum an dessen Begrenzungsflächen bestimmen. Beide Meßgrößen sind für den Akustiker wichtig. Die Genauigkeit ihrer Festlegung hängt von der Übersicht über die Schallverhältnisse in einem Hallraume ab. Zur Klärung der Vorgänge in einem Raume mit stark reflektierenden Wänden liefert die vorliegende Dissertation der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich wertvolle Beiträge. In der Theorie des raumakustischen Interferenzfeldes werden Eigenschwingungen des Raumes und Maßnahmen zur Vermeidung von Nullstellen behandelt. Die experimentellen Untersuchungen erstrecken sich nach einer eingehenden Diskussion der Meßverfahren und Geräte auf die Wirkungsweise kassettierter Wände. Die Behandlung dieser Aufgaben ist sicher für Bauingenieure von großem Wert. Die physikalischen Ergebnisse werden einer Kontrolle durch das Ohr unterzogen und der Einfluß der physiologischen Erscheinungen festgestellt. E. Lübcke.

Stahl im Hochbau. Taschenbuch für Entwurf, Berechnung und Ausführung von Stahlbauten. 9., neubearb. Aufl. Mit Unterstützung durch den Stahlwerks-Verband AG., Düsseldorf, und Deutschen Stahlbau-Verband, Berlin, herausg. vom Verein deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf. Mit zahlr. Abb., XXVI u. 780 S. im Format 165 × 240 mm. Verlag Stahleisen G. m. b. H., Düsseldorf, und Julius Springer, Berlin, August 1935. Preis geb. 12 RM.

Bei dem Taschenbuch machte sich s. Z. ein Nachdruck der 8. Auflage erforderlich. Für den Herausgeber war dies ein Ansporn, der 9. Auflage größte Sorgfalt zuzuwenden, so daß tatsächlich eine Spitzenleistung auf dem Gebiet der Stahlverwendung nicht nur im Hochbau, sondern für alle eisenverbrauchenden Industrien, zu denen auch die elektrotechnische gehört, vorliegt. Alle technischen Fortschritte und die damit verbundenen behördlichen Maßnahmen in den letzten fünf Jahren wurden berücksichtigt. So sind die neuen ministeriellen Bestimmungen der Jahre 1932 und 1934 über Belastungen, Berechnungen und zulässige Spannungen für Stahl im Hochbau sowie Sondervorschriften, abgeänderte Normen für Werkstoffe und Walzprofile, die Entwicklung der Schweißtechnik usw. aufgenommen, die eine vollständig neue Bearbeitung aller Abschnitte des Taschenbuchs bedingten. Dies gilt für Abschnitt 2, dem eine Abhandlung „Neuzeitliche Baustoffe“ angefügt ist, die aber bei einer weiteren Auflage noch zu ergänzen wäre, wenn nicht der getroffenen Auswahl eine bestimmte Richtschnur zugrunde gelegen hat. Im fünften Abschnitt, der mit 50 Seiten der Schweißung im Stahlhochbau gewidmet ist, sind besonders unter III „Ergänzende Angaben für Berechnung und Ausführung“ wertvoll. Im vielfach umgearbeiteten achten Abschnitt wird die Beschreibung neuzeitlicher Stahlbewehrungen interessieren. Im neunten Abschnitt sind neu die Bemessungstafeln für Tragmaste aus nahtlosem Flußstahlrohr. Recht wertvolle Hilfe bieten im 13. Abschnitt die Umwandlung verschiedener Maßeinheiten, Gebrauchsformeln für die Praxis usw. Recht zweckmäßig ist die erstmalige Zusammenfassung der Festigkeits- usw. Bemessungstafeln. Ein ebenfalls erstmalig hinzugefügter „Schnell-Aufsucher“ erleichtert den Gebrauch des Buches. „Ergänzungen nach Drucklegung“ beschließen dies Standardwerk für die Verwendung deutschen Stahls.

A. Przygode VDE.

Arbeitstechnik. Die Arbeitskraft: Schutz — Erhaltung — Steigerung. Von Prof. W. Moede. Mit 145 Abb., XI u. 267 S. im Format B 5. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1935. Preis geh. 11 RM, geb. 12,80 RM.

Moede, der Vorstand des Instituts für Industrielle Psychotechnik und Arbeitstechnik an der T. H. Berlin, bekannt durch sein grundlegendes Lehrbuch der Psychotechnik, bringt in seinem neuesten Werk „Arbeitstechnik“ eine planmäßige und umfassende Behandlung dieser noch

Digitized by Google

so jungen Wissenschaft, die dem Schutz, der Erhaltung und Steigerung der menschlichen Arbeitskraft dienen will.

Die Vielseitigkeit des gebotenen Stoffes sprengt den Rahmen der üblichen Besprechungen; so sind zu erwähnen die ausgezeichneten Studien zur Arbeitsbestgestaltung, Pausenregelung, Betriebssicherheit und Unfallverhütung, Ermüdung und Monotonie, weiter die Fragen der arbeitstechnischen Bestbeleuchtung, der Lärmbekämpfung, die neuartigen Regeln für zweckvolle Arbeitsteilung und -bindung u. a. m. — Bei der wissenschaftlichen Behandlung aller dieser Probleme ist Moede seinem Grundsatz treu geblieben, den Menschen als Persönlichkeit in den Mittelpunkt seiner Untersuchungen zu stellen. Nicht allein die physikalischen oder physiologischen Kennzeichnungswerte einer Arbeit sind entscheidend, mindestens ebenso wichtig sind die so oft außer acht gelassenen arbeitsseelischen Momente. Es ist zu begrüßen, daß die Lücke im Schrifttum gerade durch einen so namhaften Wissenschaftler, wie Moede es ist, beseitigt wurde, der hier die Ergebnisse jahrzehntelanger praktischer Industrieuntersuchungen und experimenteller Laboratoriumsarbeit für praktische Anwendungszwecke im Betriebe zu allgemein gültigen Lehrsätzen zusammenfaßt. Hervorzuheben ist die klare Darstellung, das sorgfältig ausgewählte — wenn auch wohl zu umfangreiche — Bildmaterial sowie die übersichtliche Zusammenfassung der Ergebnisse und Beispiele in Tabellenform. Durch die tragende Idee des Buches einer Arbeitslehre unter den Gesichtspunkten der Unfallsicherheit, Wirtschaftlichkeit und Wohlfahrt ist erstmalig der unselige Zwiespalt zwischen technisch-wirtschaftlichen und menschlich-sozialen Belangen erfolgreich überbrückt.

Man wende nicht ein, wir in Deutschland brauchen ein solches Buch nicht. Wir müssen an die endgültige Auseinandersetzung mit denen denken, die uns unseren Lebensraum streitig machen. Dann wird das Volk im Vorteil sein, das mit den besten Arbeitskräften über die beste Fertigung verfügt. Zur Schulung aller im Wirtschaftsleben Beschäftigten zu besserer Arbeitstechnik gehören Jahre. Darum sollten die Lehren des Buches sobald als möglich von jedem Wirtschaftler, sei er Ingenieur oder Kaufmann, in seinem Betriebe durchgeführt werden.

O. Klutke.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Abfallstoffe der anorganisch-chemischen Industrie und ihre Verwendung. Von E. J. Fischer. Bd. 36 der Technischen Fortschrittsberichte. Herausg. v. Prof. Dr. B. Rassow. Mit 40 Abb., X u. 156 S. im Format A 5. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig 1936. Preis geh. 9 RM, geb. 10 RM.

[In der heutigen Zeit bedeutet die Nichtausnutzung von Abfallstoffen eine Verschwendung von Volksvermögen. Daher ist es begrüßenswert, wenn über die Verwertung der Abfallstoffe berichtet wird. In dem vorliegenden Band sind die Abfallstoffe der anorganisch-chemischen Industrie aufgeführt. Auch für die Elektroindustrie kommt die Verwertung von Abfallstoffen in Frage, so daß das Buch für viele Leser der ETZ Bedeutung hat.]

Beitrag zur Nomographie. Von Dipl.-Ing. A. Balogh. Mit 25 Abb. u. 32 S. im Format A 5. Selbstverlag des Verfassers, Budapest 62, Postschließfach 240. Preis geh. 1 RM.

[Das vorliegende Heft bringt die Nomographie einer Reihe von Funktionen, die auch für die Elektrotechnik Bedeutung haben, obwohl die am Schluß gebrachten Beispiele sich wesentlich mit mechanischer Technik beschäftigen.]

Friedr. Vieweg & Sohn in 150 Jahren deutscher Geistesgeschichte. 1786 bis 1936. Herausg. v. E. A. Dreyer unt. Mitarb. v. W. Schnoor. Mit IX u. 260 S. im Format 180 × 260 mm. Braunschweig 1936.

Der Schutzbereich des Deutschen Reichs-Patentes. Darf im Patentverletzungsstreit der Schutzbereich des Patentes abweichend von der im Patentanspruch gegebenen Definition unterstellt werden? Von Dr. jur. Th. von Boehmer. Mit VIII u. 90 S. im Format A 5. Kranich-Verlag G. m. b. H., Berlin-Zehlendorf 1936. Preis geh. 3 RM.

Grundlagen des Aufzugsbaues. Von Dr. M. Paetzold †. Nachtrag und Anhang: Änderungen der „Technischen Grundsätze für den Bau von Aufzügen" seit 1926. Von Dipl.-Ing. F. Köhler. Mit 50 Textabb. IV u. 37 S. im Format 200×280 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 6,60 RM.

Uzinele Electrice Bucureşti 1908—1933. 25 Ani de Funcţionare. Herausg. v. Societatea Generală de Gaz şi de Electricitate S. A. R. din Bucureşti. Mit zahlr. Abb. u. 63 S. im Format 200 × 255 mm. Bukarest 1933.

Fourteenth Annual Report for the Calendar Year 1934. 14. Jahresbericht für das Jahr 1934. Herausg. von Transit Commission State of New York, Department of Public Service Metropolitan Division. Mit 618 S. im Format 155×225 mm. 1935.

Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik. Von M. Langer. Mit 213 Abb. u. 352 S. im Format B 5. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1936. Preis geb. 8 RM.

Om hertz'ska vågors ifrågasatta dispersion i fasta kroppar samt den anomala dispersionen i vatten inom våglängdsområdet 52—55 cm (mit einer deutschsprachlichen Zusammenfassung). Von Hilding Slätis (Meddelanden från Åbo Akademis Fysikaliska Institut No. 15). Mit 173 S. im Format 165×240 mm. Åbo Akademi, Åbo 1936.

The application of statistical methods to industrial standardisation and quality control. Von E. S. Pearson. Herausg. v. British Standards Institution, London. Veröff. Nr. 600. Mit 161 S. im Format 140 × 215 mm. Preis geh. 5 sh. November 1935.

La traction électrique et le chemin de fer. Von H. Parodi u. A. Tétrel. Mit einem Vorwort von P. Richemond. Bd. 1: Cinématique et dynamique de l'exploitation des chemins de fer. Mit XXVI, 210 Abb. u. 3 Plänen u. 559 S. im Format B 5. Verlag Dunod, Paris 1935. Preis geh. 148 Fr., geb. 158 Fr.

Eingegangene Doktordissertationen.

Clemens Appaly, Die Dauerstandfestigkeit geschweißter Kesselbleche. T. H. Breslau 1935.

Heinz O. Köck, Wirkungsweise von Ionisationsflächen bei der elektrischen Gasreinigung. (Sonderdr. aus „Das Braunkohlenarchiv" 1936, H. 44.) Sächs. Bergakademie Freiberg 1934.

Kurt Lämmchen, Beiträge zur Gleichstromverstärkung. T. H. Breslau 1934.

Rudolf Loewenstein, Der Verbrennungsverlauf oberschlesischer Steinkohle auf dem Wanderrost eines Steilrohrkessels mittlerer Größe. T. H. Breslau 1934.

Berichtigungen.

In dem Bericht in Heft 27 finden sich S. 800 im Abschnitt „Unsere Toten" leider zwei unrichtige Angaben.

Herr Oberstudiendirektor i. e. R. M. Fölmer, Berlin-Zehlendorf, erfreut sich glücklicherweise seiner vollen Gesundheit, und wir hoffen, daß er seinen Ruhestand, in den er nach einem arbeitsreichen Berufsleben Anfang d. J. eingetreten ist, wie wir in H. 4, S. 112 der ETZ berichten konnten, noch recht viele Jahre in voller Gesundheit verleben kann.

Außerdem muß es auf der gleichen Seite in der rechten Spalte, 19. Zeile heißen:

Nowotny, Robert, Hofrat i. R., Wien.

In der ETZ H. 27, S. 780 sind ferner unter dem Abschnitt „Elektrowärmetechnik" die Fußnoten [8]) und [9]) zu berichtigen; sie lauten:

[8]) ETZ 57 (1936) S. 466.
[9]) ETZ 57 (1936) S. 246.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955, 56.

Abschluß des Heftes: 10. Juli 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 23. Juli 1936** **Heft 30**

Einige Grundzüge der Funkgeologie.

Von **Volker Fritsch VDE**, Brünn.

621. 396 : 55. 08

Übersicht. Das Arbeitsgebiet der Funkgeologie und deren praktische Anwendung im Bergwesen werden kurz besprochen. Von jenen Verfahren, die aus funktechnischen Messungen die geologische Aufschließung des Bodens erlauben, werden den Grundsätzen nach das Absorptions- und Kapazitätsverfahren geschildert. Schließlich werden die Grundsätze des Grubenfunks behandelt, der im Falle einer Katastrophe die über Leitungen arbeitenden Grubenmeldeanlagen ersetzen soll.

Allgemeines.

Die Aufgabe der Funkgeologie, einer Grenzwissenschaft zwischen Funkphysik und Geologie nebst deren Hilfswissenschaften, besteht allgemein darin, die Wechselbeziehungen zu erforschen, die zwischen dem Vorhandensein und der Beschaffenheit eines geologischen Leiters und einem Hertzschen Felde gegeben sind. Die Aufmerksamkeit der funkgeologischen Technik gilt heute vornehmlich folgenden Fragen:

a) Aufsuchen und Bestimmen von Minerallagerstätten und der Geologie des Untergrundes durch funktechnische Vermessungen (Funkmutung).

b) Erstellung von Funkverbindungen in oder entlang der Grenzfläche von geologischen Leitern unter besonderer Berücksichtigung der geologisch-mineralogischen Eigenschaften dieser Leiter.

Weitere technische Aufgaben ergeben sich fallweise. Trotzdem die Funkgeologie heute noch sehr wenig Unterlagen für ihre Tätigkeit benutzen kann, so ist sie doch schon in der Lage, an der Lösung mancher wichtigen technischen Fragen mitzuwirken. Einige Beispiele seien hier kurz gestreift.

Eine Erdungsstelle, deren Brauchbarkeit mit den heute üblichen niederfrequenten Meßverfahren erwiesen scheint, kann bei Hochfrequenz völlig versagen. In der Praxis wird dies oft bestätigt. Der Blitz schlägt in Fernleitungen an ganz bestimmten Stellen ein, deren Lage nicht durch die angebrachten Schutzeinrichtungen, sondern lediglich durch die Geologie und Hydrologie des Untergrundes bedingt ist. Ähnliche Beobachtungen konnte man auch an unterirdisch verlegten Telephonkabeln machen, die immer wieder an der gleichen Stelle durch Blitzschlag beschädigt wurden. Mir sind Fälle bekannt, in denen das unterirdische Kabel durch den Blitz unterbrochen wurde, während nahe Bäume nicht getroffen wurden. Auch bei Blitzableitern kann man ähnliche Beobachtungen machen. Mitunter schlägt der Blitz nicht in den Ableiter ein, sondern in bedeutend niedrigere Gebäude, die noch im Schutzkegel des Ableiters liegen. In allen diesen Fällen sind die geologischen Eigenschaften des Untergrundes als Erklärung heranzuziehen. Soll hier

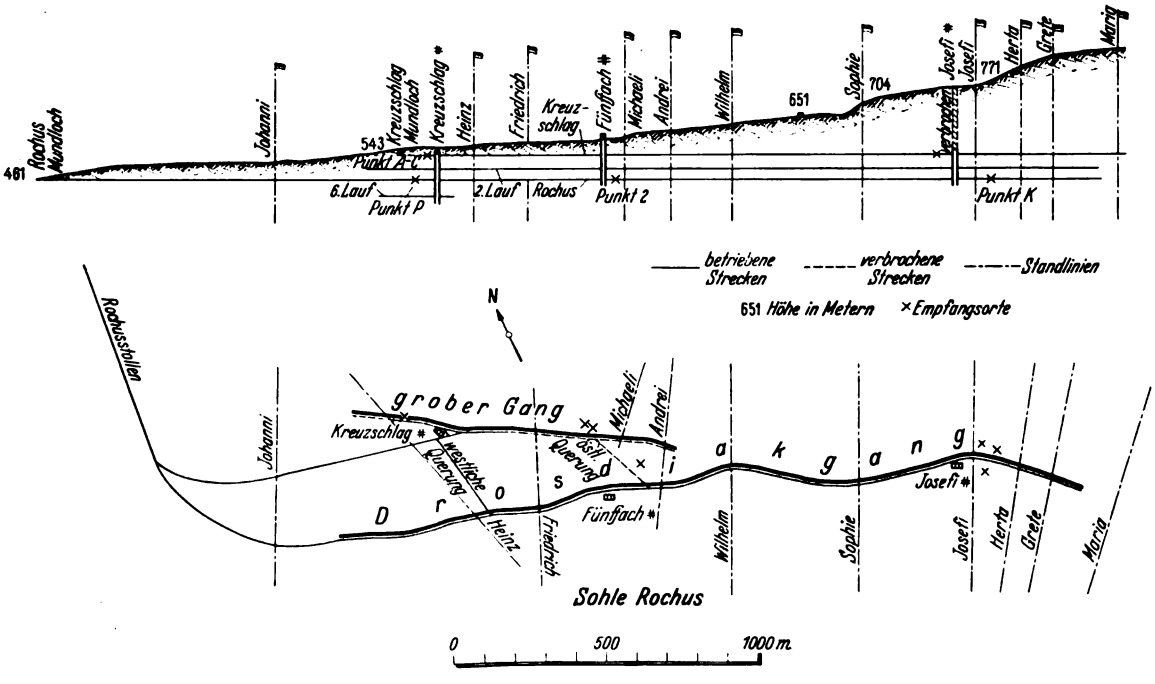


Abb. 1. Die Spateisensteingruben Kotterbach in der Slowakei.

Digitized by Google

nicht nur aus technischen, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen Wandel geschaffen werden, so wird es nötig, die heute üblichen Meßverfahren durch solche zu ersetzen, die mit Hochfrequenz arbeiten, und Erdungsstellen nach funkgeologischen Grundsätzen auszuwählen. Auch sollen unterirdisch verlegte Kabel in solchen Abschnitten, in denen aus funkgeologischen Gründen erhöhte Blitzgefahr besteht, besonders geschützt werden. Auch die Verteilung der Schutzeinrichtungen entlang der Freileitungen sollte nicht rein schematisch erfolgen, sondern auf Grund der funkgeologischen Voraussetzungen. Das gleiche gilt auch für die Planung von Blitzableitern.

In der Funktechnik finden wir eine ganze Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, wie z. B. die Bestimmung des günstigsten Sendeortes und jener Verformungen, die das Strahldiagramm unter dem Einflusse der Geologie des Untergrundes erfährt, die Beobachtung des „Alterns" von Strahlanlagen usw.

Geologischer Leiter.

Unter einem geologischen Leiter verstehen wir allgemein jedes Mineralkorn, jede Mineralansammlung und schließlich jeden geologischen Körper, der zum Teile einer elektrischen Strombahn wird. Die Eigenschaften seiner Bestandteile sind von den verschiedensten geologischen und physikalischen Gesichtspunkten aus zu betrachten. Praktisch tritt uns der geologische Leiter als ein in jeder Hinsicht vielfältiges Gebilde entgegen. Wir können ihn als einen komplexen Widerstand betrachten, neben dessen reeller Komponente noch eine imaginäre, und zwar überwiegend kapazitive Komponente zu berücksichtigen ist. Der Anteil der einzelnen Bestandteile an der Bildung seiner Gesamtleitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante (DK) ist sehr verschieden. Die festen Bestandteile haben, wenn man von wenigen Erzen absieht, nur geringe Leitfähigkeit und eine DK unter 30. Sie leisten daher zu den elektrischen Eigenschaften nur geringen Beitrag. Der Hauptanteil kommt den flüssigen zu, deren DK bis über 80 betragen kann und deren Leitfähigkeit infolge der Lösung des festen Gesteines bedeutend höhere Werte erlangt. Zwischen Spateisen und Schiefer als Nebengestein besteht z. B. bezüglich der elektrischen Eigenschaften nur ein geringer Unterschied. Infolge der ungleichmäßigen Durchfeuchtung, der Wasserführung entlang der Gangkluft und den auftretenden wäßrigen Lösungen wird aber ein solcher Gang doch auch in elektrischer Hinsicht ganz andere Eigenschaften aufweisen als ein homogener Raum aus Nebengestein. Die gasförmigen Leiter sind primär kaum von Bedeutung. Dadurch aber, daß z. B. die Vegetation und die Depotbildung[1]) durch ihren Einfluß Veränderungen erfahren, werden auch die Konzentrationen der im Boden enthaltenen Lösungen beeinflußt und damit auch deren elektrische Eigenschaften. Es lassen sich also in dieser Hinsicht sekundäre Zusammenhänge sehr wohl herleiten.

In praktischer Hinsicht sind somit die Leitfähigkeit und die Dielektrizitätskonstante des Untergrundes in erster Linie durch folgende Faktoren bestimmt:

a) Durch die Beschaffenheit und die Löslichkeit der festen Bestandteile,
b) durch die Tektonik,
c) durch die hydrologischen und
d) durch die biologischen Bedingungen.

Vom elektrischen Standpunkte können wir die uns zugängliche Erdschicht in drei verschiedene Zonen einteilen:

a) Oberste Humusschicht. Diese ist durch eine ziemliche Homogenität und gute Leitfähigkeit gekennzeichnet. Ihre Eigenschaften sind von ihrer Mächtigkeit, Saugkraft, von den Wasserabflußverhältnissen, den hydrologisch-geologischen Eigenschaften der unter ihr liegenden Schichten (ob durchlässig oder wassertragend), der Vegetation, Depotbildung und schließlich von meteorologischen und anderen Faktoren abhängig.
b) Die Schicht bis zur tiefsten Grundwasserzone. Diese ist stellenweise sehr gut leitend, aber sehr verschiedenartig beschaffen. Ihre Eigenschaften sind vor allem von der Tektonik und den hydrologischen Verhältnissen abhängig. Daneben spielen natürlich die Eigenschaften der Gesteine, deren Saugkraft, Wasserführung, Löslichkeit und dergl. mehr, aber auch die Verhältnisse in der über ihr befindlichen Humusschicht eine große Rolle. Besonders wichtig sind natürlich Erz-, Öl- und Salzlagerstätten, die in diese Schicht eingelagert sind.
c) Die Schicht unter der tiefsten Grundwasserzone. Über diese sind wir nur sehr oberflächlich unterrichtet, weil wir sie eigentlich nur durch gelegentliche Sondierungen kennen. Sie ist aber durch geringe Leitfähigkeit und DK und eine im allgemeinen ziemlich hohe Homogenität gekennzeichnet. Die einzigen elektrischen Störungen können durch Gesteinswechsel, Verwerfungen usw. verursacht werden.

Da sich somit die einzelnen Erdschichten voneinander weitgehend unterscheiden und selbst innerhalb ihrer Grenzen wieder große Unterschiede möglich sind, so ist der Begriff „erden" eigentlich inhaltslos. Er kann höchstens für solche Verbindungen verwendet werden, bei denen größere, gutleitende und miteinander in gutleitender elektrischer Verbindung stehende Teile der Erdkruste, wie etwa wasserführende Spalten usw. an die zu erdenden Punkte angeschlossen werden.

Ersetzen wir den geologischen Leiter durch ein System, das aus ohmschen Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten besteht, so erhalten wir die sog. Ersatzschaltung. Eine Ersatzschaltung kann immer nur unter gewissen gleichbleibenden Voraussetzungen aufgestellt werden. Durch Veränderung der Frequenz z. B. wird auch dieses Schema geändert. Ebenso sind natürlich alle anderen schon besprochenen veränderlichen Faktoren von Einfluß.

Die Ausbreitung eines Hertzschen Feldes in einem homogenen Mittel und an dessen Grenzflächen ist durch die Wellenphysik ausreichend studiert. In dieser Hinsicht sind insbesonders die Untersuchungen von Sommerfeld[2]) und Hack[3]) wichtig. In neuerer Zeit sind eine große Zahl von Fachveröffentlichungen erschienen, die auf diese Fragen anwendbar sind[4]). Mit der Elektrophysik des geologischen Leiters beschäftigen sich ebenfalls zahlreiche Forscher. Zur Einführung sei auf die Arbeit von Hummel[5]) hingewiesen. Studiert man die Ausbreitung von Feldern im Inneren eines Gebirges, so muß man immer berücksichtigen, daß die Feldstärke an irgendeinem Punkte durch Addition von Teilfeldstärken zustande kommt, die über verschiedene, durch die geologischen u. a. Faktoren bedingten Wege induziert werden. Aus diesem Grunde erhält man in der Regel andere Werte als jene, die unter der Voraussetzung eines homogenen Mittels und geradliniger Feldausbreitung theoretisch ermittelt wurden. So kann man z. B. unter Außerachtlassen dieser wichtigen Voraussetzungen theoretisch nur ganz geringe Reichweiten für die Ausbreitung Hertzscher Felder in Gebirgen ermitteln. In Wirklichkeit sind diese aber weit größer, wie zahlreiche Versuche einwandfrei erwiesen haben. Als Beispiel möchte ich u. a. die Kotterbacher Versuche anführen, deren Empfangsergebnisse aus Abb. 1 und Zahlentafel 1 zu ersehen sind. In dieser Tafel habe ich überdies noch die Ergebnisse meiner wichtigsten übrigen Versuche zusammengestellt. Die Versuche bewiesen, daß die Tektonik, die Wasserführung, die Form des Gangausbisses u. a. von größter Wichtigkeit seien. Die Reich-

[1]) Ansammlung von Nährsalzen im Boden.

[2]) Sommerfeld, Ann. Physik 28 (1909) S. 665. Ferner Zenneck, Ann. Physik 23 (1907) S. 846.
[3]) Hack, Ann. Physik 27 (1908) S. 43.
[4]) z. B. Smith Rose, Strutt, Esau u. v. a.
[5]) Hummel, Beitr. angew. Geophysik 5 (1935) S. 32.

Digitized by Google

Zahlentafel 1.

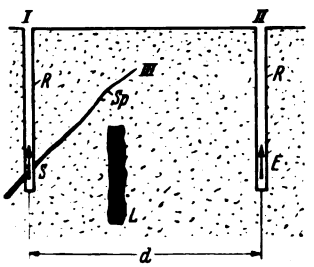
Versuchsreihe	Empfangsort: Standlinie	Empfangsort: Punkt	Gang	Nebengestein	Teufe in m	Sender und Leistung in kW	λ m	Sender-Abstand in km	Lautstärke „r"
Punkwa	—	W	—	Devonkalk	130	Brünn 2.[4]	878**)	20	6
„	—	W	—	„	130	Wien 20	581**)	140	8
„	—	W	—	„	130	Budapest 23	545**)	260	6
„	Alte Höhlen		—	„	*)	Erichhöhle 0.01	40	0.1···0.3	4···5
„	„		—	„	*)	„	80	0.1···0.3	4···6
Kotterbach	Heinz	A	Spatelsen °)	Schiefer	50	K.-Wusterh.	1634	700	3
„	„	A	„ °)	„	50	Warschau	1412	390	3
„	„	A	„ °)	„	50	Budapest 20	550	200	4···5
„	„	A	„ °)	„	50	Wien 20	517	350	3
„	„	C	„ °)	„	50	Warschau	1412	390	8···9
„	Herta	K	„	„	300	Warschau	1412	390	7···8
„	„	K	„	„	300	Budapest 20	550	200	1···2
„	Heinz	P	„	„	100	Prag	487	480	5···6
„	„	P	„	„	100	Oslo	1083	1400	3
„	„	P	„	„	100	München	533	680	3
„	„	P	„	„	100	Wien	517	350	4···5
„	„	P	„	„	100	Budapest 20	550	200	5
„	Ungargruben Anna		„	„	20	Sender am 40-m-Bande			3···5
„	Porač Drachenloch			Kalk	20···50	Sender am 40-m-Bande			3···5

*) Sender Erichhöhle auf gleichem Niveau wie Empfangsorte. °) versätzt. **) kHz.

weite eines Hertzschen Feldes, das sich entlang der Begrenzungsfläche eines geologischen Leiters ausbreitet, ist wieder von dessen Beschaffenheit weitgehend abhängig. Es wird daher möglich sein, durch Vergleich der gemessenen Diagramme mit jenen, die unter der Voraussetzung homogener Bodenbeschaffenheit ermittelt wurden, auf die Eigenschaften des Untergrundes zu schließen. Anderseits aber wird man in Zukunft auf die Geologie des Bodens z. B. auch bei der Errichtung von Sendestationen weitgehend Rücksicht nehmen müssen.

Funkmutung.

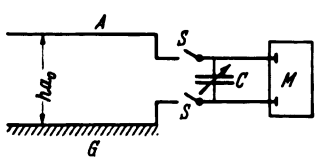
Die Aufgaben und das grundsätzliche Arbeitsverfahren der Funkmutung haben wir schon besprochen. Wir haben gesehen, daß durch die in dieser Richtung geführten Messungen nur Anhaltspunkte über den elektrischen Aufbau des Untergrundes erhalten werden können und daß dann durch den Techniker zunächst ein elektrisch definierter Leiter zu finden ist, dessen Vorhandensein und Eigenschaften sich mit dem Meßergebnis in Einklang bringen lassen. An seiner Stelle muß dann zuletzt ein geologischer Körper gefunden werden, dessen Eigenschaften wieder mit jenen Voraussetzungen übereinstimmen müssen, die durch andere geologische Aufschlüsse ermittelt wurden. Die elektrische Vermessung gibt somit die Anhaltspunkte, die erst durch richtige Ausdeutung geologischen Wert erhalten können. Sie kann daher auch bei richtiger Durchführung Fehldeutungen nicht vermeiden, diese aber oft verhindern. Sie leistet somit der Geologie und besonders der Montanistik sehr wertvolle Dienste. Es gibt heute bereits eine Reihe verschiedenartiger Verfahren[6]), von denen hier nur das am meisten angewandte Absorptions- und Kapazitätsverfahren besprochen sei. Andere, wie z. B. das Reflexionsverfahren, sind aus zahlreichen anderen Veröffentlichungen ausreichend bekannt.



S Sender
E Empfänger
R Schächte
Sp Verwerferspalte
L guter Geoleiter
d Enfernung vom Sender

Abb. 2. Darstellung des Absorptionsverfahrens.

Den grundsätzlichen Vorgang beim Absorptionsverfahren zeigt die Abb. 2. Bei *S* und *E* seien in untertägigen Strecken, die durch *R* (etwa Schächte) mit der Tagfläche in Verbindung stehen, Sender und Empfänger aufgestellt. Es ist zu untersuchen, ob zwischen *S* und *E* irgendein guter geologischer Leiter *L* (etwa ein Erzgang) vorhanden ist. Zu diesem Zwecke wird in *E* das von *S* erzeugte Hertzsche Feld gemessen. Dieses schreitet von *S* über verschiedene Wege (*S—L—E*, dann entlang der Spalte



A Antenne
G Geoleiter
S Umschalter
ha_0 obertägige Antennenhöhe
C Meßkondensator
M Frequenzmeßgerät

Abb. 3. Darstellung des Kapazitätsverfahrens.

Sp über den Weg *S—III—E* und entlang der Erdoberfläche, also über *S—R—I—II—R—E* nach *E*. Der von *S* geradlinig ausgestrahlte Anteil wird natürlich durch den Leiter *L* zum Teil absorbiert werden. Wir bestimmen nun die Feldstärke $\mathfrak{E}$ in *E*. Ist $\mathfrak{E}_0$ jene in *S*, so erhalten wir

$$\mathfrak{E}/\mathfrak{E}_0 = f(\gamma, \overline{SE}),$$

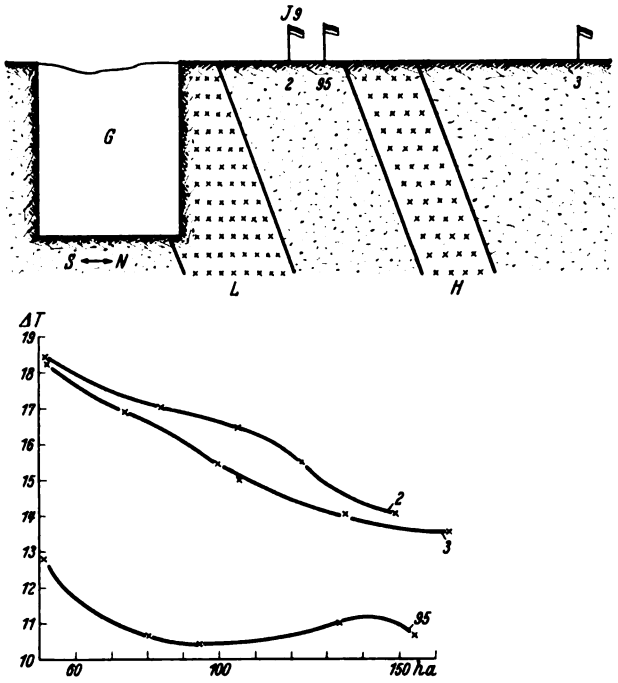
wobei γ der sog. Extinktionskoeffizient ist, der wieder von der Leitfähigkeit $\varkappa$, der DK und der Frequenz f abhängig ist. Das Nebengestein *NG* kennen wir nun. Wir können daher auch γ und daraus $\mathfrak{E}'$ berechnen, wenn wir die Ausbreitung entlang der Spalte und der Erdoberfläche entweder vernachlässigen oder durch entsprechende Sendeanordnung verhindern können. Wird nun $\mathfrak{E} \leqq \mathfrak{E}'$, so wissen wir, daß zwischen *S* und *E* ein Leiter von abweichenden Eigenschaften vorhanden ist. Ist $\mathfrak{E} > \mathfrak{E}'$, so kann dies z. B. eine Höhle sein oder irgendein anderer Körper mit geringerem γ. Im anderen Falle kann man auf einen solchen mit größerer Extinktion schließen. Da in der Regel mehrere Wege in Betracht kommen, über die das Feld durch den zu mutenden Körper verschieden beeinflußt wird, so genügt nie die Durchführung eines einzigen Versuches, sondern es sind ihrer mehrere nötig, die entlang verschiedener Standlinien durchzuführen sind. Auch die Koeffizienten γ sind stets durch Versuche im aufgeschlossenen Gelände zu ermitteln. Trotz der verschiedenen Erschwerungen wurden bei der Vermessung von Höhlen, Erzgängen und Gletschern schon sehr brauchbare Ergebnisse erzielt.

Das Wesen des Kapazitätsverfahrens sei an Abb. 3 kurz erklärt. Wir bilden aus der Antenne *A*, den geologischen Leitern des Untergrundes *G* und der Kapazität *C* einen Kreis, dessen Frequenz wir mit dem Gerät *M* bestimmen. Nun legen wir die Schalter *S* um und verstellen bei abgeschalteter Antenne *C* auf den Wert *C'*, um wieder die gleiche Frequenz in *M* ablesen zu können, wie sie bei angeschalteter Antenne gegeben war. Wir substi-

[6]) Vgl. Ambronn, ETZ 56 (1935) S. 581.

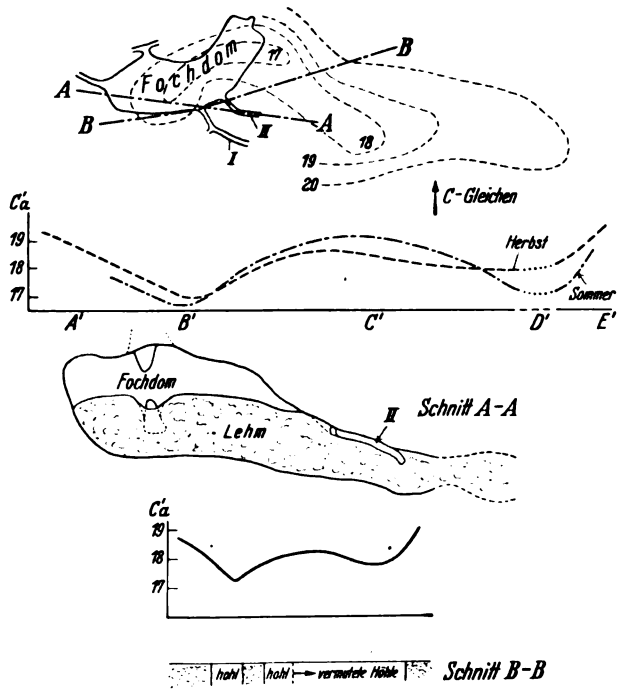
Digitized by Google

tuierten also den aus Kapazität, Selbstinduktion, Strahl- und Verlustwiderstand bestehenden Antennenkreis durch eine reine Ersatzkapazität C'—C. Da man die Selbstinduktions- und Strahlwiderstandsänderungen in den für uns praktisch in Betracht kommenden Fällen und bei richtiger Bemessung der zugeschalteten Spulen und Kondensatoren vernachlässigen kann, so kommen nur die Antennenkapazität und der Verlustwiderstand bei der Bestimmung von C'—C in Betracht. Berücksichtigt man nur die erste, dann handelt es sich um ein reines Kapazitätsverfahren, im anderen Falle ist die Bestimmung des Verlustwinkels nötig, um Vieldeutigkeit zu vermeiden. Praktisch kommen zwei Verfahren in Betracht:



ΔT Ersatzkapazitätsänderung in Teilstrichen des Meßkondensators
L Liegendfach } des Ganges (versätzt)
H Hangendfach }
G Erdaushebung
ha Antennenhöhe über Tage
$2, 95, \ldots$ Meßpunkte

Abb. 4. Meßergebnisse nach dem Kapazitätsverfahren.



$C'a$ Antennenersatzkapazität
I Natürlicher schlauchartiger Hohlraum
II Schürfstollen

Abb. 5. Die C-Gleichen und das Schürfergebnis beim Fochdome.

a) Kurvenverfahren. Am gleichen Orte wird C'—C als Funktion der obertägigen Antennenhöhe ha_0 gemessen. Man erhält Kurven, aus deren Verlauf man auf die Beschaffenheit des Untergrundes schließen kann. In Abb. 4 sehen wir einige solcher Kurven, deren Verformung durch den Ausbiß eines versätzten Erdganges bedingt ist.

b) C-Gleichen. Man bestimmt C'—C an zahlreichen Punkten des Versuchsgeländes bei stets gleichbleibender Antennenhöhe ha_0 und verbindet dann die Punkte gleicher Ersatzkapazität durch Kurven, die C-Gleichen heißen. In Abb. 5 sehen wir ein solches Beispiel. Die C-Gleichen folgen hier im allgemeinen den Linien des Fochdomes, über dem sie aufgenommen wurden. Nur im Osten greifen sie weiter aus. Aus diesem Grunde wurde in diesem Raume auf das Vorhandensein neuer Höhlen geschlossen, eine Ansicht, die dann durch Schürfarbeiten (in Abb. 5 unten dargestellt) ihre Bestätigung fand.

In der Praxis ergeben sich natürlich eine ganze Reihe von Verwicklungen, die hier nicht näher behandelt werden können. Ich muß in dieser Hinsicht auf die Sonderveröffentlichungen verweisen.

Grubenfunk.

Dieser hat die Aufgabe, Funkverbindungen zwischen obertägigen Orten und solchen in den Strecken herzustellen. Er soll nicht den normalen Grubentelegraphie- und -sprechbetrieb über Leitungen ersetzen, sondern ergänzen. Er soll daher nur dann in Betrieb genommen werden, wenn durch Katastrophen die Leitungen der übrigen Verständigungsmittel zerstört wurden und keine Verbindung mit den gefährdeten Orten mehr möglich ist. Durch Überwachungseinrichtungen ist aber die stete Betriebsbereitschaft in regelmäßigen Zwischenräumen zu überprüfen. Aus diesen Gründen müssen die dem Grubenfunk dienenden Geräte jederzeit betriebsbereit und unabhängig von irgendwelchen Stromleitungen auch durch gänzlich ungeschulte, ja sogar in ihrer Bewegungsfreiheit und in ihren Kräften stark eingeschränkte Leute unbedingt sicher bedient werden können. Der Grubenfunk ist so einzurichten, daß er normalerweise dem Sprechbetriebe zu dienen hätte, durch eine ganz einfache Umstellung aber die selbsttätige Ausgabe eines Notsignales in die Wege leiten kann. Die Wellenlänge ist durch den Betrieb und besonders die Antennenverhältnisse bedingt. Sie wird im allgemeinen für die tragbaren Stationen unter 100 m und für die größeren, ortsfesten länger zu wählen sein. Ihre Wahl muß aber jedesmal unter Berücksichtigung der besonderen geologischen Verhältnisse vorgenommen werden. Als Stromquellen kommen für den Empfänger und für kleine Sender Batterien, für größere Sender Generatoren mit Preßluft und mit zusätzlichem Handantrieb in Betracht. Die Reichweite wurde durch Versuche schon ziemlich genau bestimmt. Für die kleinen Stationen mit rd. 10 W, die an den Gefahrorten aufzustellen wären, kann bei 40 m Wellenlänge die Reichweite mit ungefähr 200 m angenommen werden. An günstigen Orten wären daher Relaissender aufzustellen, die über größere Leistung verfügen. Die kleinen Sender könnten in der ganzen Grube wo immer aufgestellt werden, die großen dagegen wären an funkgeologisch günstigen Stellen (in der Nähe der Schächte, an leitenden Klüften usw. aufzustellen und hätten dann nur als Relais zu arbeiten. Den kleinen Sendern wären verschiedene Wellen zuzuteilen, um gegenseitige Störungen zu vermeiden. Die Relais müßten daher mit selbsttätig veränderlicher Abstimmung im Empfänger versehen werden. In konstruktiver Hinsicht wäre auf ungemein festen und widerstandsfähigen Aufbau Wert zu legen. Es dürften keinerlei lockere Kontakte, verbiegbare Bestandteile, Glasröhren usw. verwendet werden. Die Abstimmung durch Spulen hätte mit verschiebbaren Kernen zu erfolgen. Die Auslösung des Notsignales

Digitized by Google

müßte durch einfachen Tastendruck möglich sein. Auch die Stromquellen müßten fest eingebaut werden, und die ganze Einrichtung wäre schließlich noch wasser- und wetterfest einzuschließen. Bisher wurden bereits Versuche unternommen, die die Möglichkeit einer solchen Einrichtung nachgewiesen haben, und in einigen Staaten beschäftigt man sich bereits mit dem Studium einer praktischen Einführung und gesetzlichen Regelung dieser Sache.

In diesen Zeilen konnte ich natürlich nur das wesentlichste behandeln. Das Gebiet der Funkgeologie ist heute immerhin bereits ziemlich ausgebaut. Weitere Schrifttumslisten findet der Leser in meinen übrigen Veröffentlichungen, von denen ich einige am Schluß angebe.

Zusammenfassung.

1. Die Funkgeologie ist eine Grenzwissenschaft zwischen Funkwesen, Geologie und Mineralogie sowie deren Hilfswissenschaften. Sie ist u. a. für die allgemeine Elektrotechnik, das Funkwesen und die Montanistik wertvoll.
2. Geologische Leiter sind durch komplexe elektrische Leiter zu ersetzen. Der Begriff „erden" verliert im Sinne der Funkgeologie seine allgemeine Bedeutung.
3. Verbindungen mit geologischen Leitern („Erdungen") für Blitzableitung sind nach den Gesichtspunkten der Funktechnik anzulegen.
4. Durch die Verfahren der Funkmutung können nur funkphysikalisch ausgeprägte Abweichungen im Aufbau des zu untersuchenden Raumes nachgewiesen werden. Durch geologische Auslegung der funkischen Meßergebnisse können nützliche Lagerstätten bestimmt werden.
5. Die Verfahren der Funkmutung können heute in solchen Fällen, in denen die geologischen Voraussetzungen klar und einfach sind, bereits brauchbare Ergebnisse zeitigen.
6. Unterirdische Funkverbindungen sind praktisch möglich und können im Bergwesen aus Gründen der Sicherheit nützliche Anwendung finden (Grubenfunk).

Einige funkgeologische Veröffentlichungen des Verfassers.

Allgemeines: Beitr. angew. Geophysik 5 (1935). Montan. Rdsch. (1935) H. 17.

Praktische Versuche: Hochfrequenztechn. 39 (1932) S. 136; 41 (1933) S. 218 (Funkwaversuche); 43 (1934) S. 189 (Kotterbach); 46 (1935) S. 124 (Ostrov und Kotterbach); 46 (1935) S. 186 (Ostrov); 47 (1936) S. 190 (Kotterbach).

Funkmutung: Montan. Rdsch. (1934) H. 4 (Allgemeines). Z. prakt. Geol. 42 (1934) S. 136 (Absorptionsverfahren); 43 (1935) S. 184 (Kapazitätsverfahren). Beitr. angew. Geophysik 4 (1934) S. 416 und 5 (1936) S. 375.

Grubenfunk. Pfehled rozhlasu Prag (1934) H. 1 (Prager Enquete wegen Grubenfunk in den Staatsgruben). Montan. Rdsch. (1934) H. 9 u. 19.

Ein neues Umschaltrelais für Störungsschreiber.

Von H. Boekels VDE und W. Krannich VDE, Berlin.

621. 318. 5 : 621. 317. 79

Übersicht. Die Umschaltung des normalen Papiervorschubs in den Schnellablauf bei Störungsschreibern erfolgt bisher durch Unterspannungsrelais, die auslösen, wenn eine Absenkung der Normalspannung auf einen festen einstellbaren Wert erfolgt. Es wird ein neues Umschaltrelais beschrieben, welches nur dann umschaltet, wenn die Netzspannung plötzlich mit einem Mindestgradienten um einen einstellbaren Wert absinkt[1]).

Die große Betriebssicherheit der elektrischen Übertragungsanlagen und Kraftwerke bringt es mit sich, daß Störungen, die den Verbraucher in Mitleidenschaft ziehen, auf ein verschwindendes Maß gesunken sind. Die selektive Abschaltung von Kurzschlüssen und Erdschlüssen bewirkt, daß, abgesehen von einem kurzzeitigen Flackern des Lichtes, der Verbraucher überhaupt nicht berührt wird. Um so wesentlicher wird aber für das Elektrizitätswerk selbst die Aufgabe, die Ursache der Störungen möglichst genau zu erkennen und, um Erfahrungen zu sammeln, auch möglichst den Verlauf aller elektrischen Größen von Anfang an aufzuzeichnen. An dieser Stelle erfüllen Störungsschnellschreiber ihren Zweck, also Tintenschreiber, die laufend eine Betriebsgröße aufzeichnen, meistens die Spannung, manchmal auch den Strom oder die Frequenz. Die Geräte haben im gewöhnlichen Betrieb einen geringen Papiervorschub von 10 bis 20 mm/h, welcher im Fall einer Störung auf 10 bis 20 mm/s, also den 1800- bis 3600fachen Betrag, erhöht wird, so daß der Verlauf der Betriebsgröße in allen Einzelheiten erkenntlich ist. Soll eine einwandfreie Aufzeichnung erzielt werden, so muß dieser Schnellablauf in kürzester Zeit ausgelöst werden, man rechnet hier mit Zeiten in einer Größenordnung von $^1/_{10}$ s. Aus solchen Aufzeichnungen lassen sich viele Rückschlüsse auf die Natur der Störungen ziehen, und auch kurzzeitige Schwankungen, z. B. Wischer, feststellen, die an sich nicht zu einer Unterbrechung des Betriebes führen.

Der Schnellablauf wird im allgemeinen durch ein Unterspannungsrelais ausgelöst. Dieses als Dynamometer oder Drehankerrelais ausgebildete Glied spricht an, wenn die Spannung unter einen gewissen fest einstellbaren Wert absinkt. Es ist dabei gleichgültig, ob die Spannung schnell oder langsam sinkt. Ein langsames Absinken kann jedoch durch Regelungsvorgänge bzw. langsames Ansteigen der Last bedingt sein, also durch Vorgänge, die keine Störungen sind, während ein schnelles Absinken unbedingt eine Störung kennzeichnet.

Besonders in Großstadtnetzen kommt noch ein zweiter Umstand hinzu: Gerade hier wird eine sehr konstante Spannung verlangt, und auch kleinste Spannungsschwankungen sind nicht nur für das Kraftwerk, sondern auch für den Verbraucher lästig. Man müßte also in derartigen Netzen das Unterspannungsrelais so einstellen, daß es schon bei der kleinsten Absenkung der Spannung anspricht. In Kabelnetzen ist jedoch die Spannung der einzelnen Speisepunkte, an denen ja in erster Linie der Störschreiber eingebaut werden soll, nicht zu allen Zeiten die gleiche. Es ist beispielsweise vollkommen normal, wenn die Spannung in einer Station bei Leerlauf, also nachts, nur 5000 V betragen muß und bei Vollast, also etwa während der Mittagsspitze, 5200 V, wenn stets am Verbraucher die gleiche Spannung liegen soll. Dabei würde aber bei Vollast ein plötzliches Absinken der Spannung von 5200 V auf 5000 V durchaus als Störung zu bezeichnen sein.

Die Aufgabe, die ein ideales Umschaltrelais für einen Störungsschreiber an dieser Stelle erfüllen sollte, läßt sich also folgendermaßen formulieren: Der Schnellablauf des Störschreibers muß dann betätigt werden, wenn in kurzer Zeit die Spannung von ihrem bisherigen Wert auf einen um wenige Prozent tiefer liegenden Wert absinkt. Eine plötzliche Absenkung um mehr als 5 % soll unbedingt schon als Störung gekennzeichnet sein und den Störungsschreiber auslösen, gleichgültig, von welcher Ausgangsspannung diese Absenkung um 5 % erfolgte. Mit einer solchen Deutung ist aber auch eine Störung einwandfrei gekennzeichnet, denn der Schnellablauf des Störungsschreibers soll ja nur dann in Tätigkeit treten, wenn sich die Spannung plötzlich mit einem bestimmten Gradienten ändert, nicht aber, wenn die Spannung dauernd einen viel zu tiefen Wert besitzt, denn diese Feststellung läßt sich genau so gut bei langsamem Ablauf des Störungsschreibers machen.

Bei Lösung der gestellten Aufgabe bedienten wir uns einer Röhrenanordnung, obwohl wir grundsätzlich auch die

[1]) Mitteilung aus dem Meßinstrumentelaboratorium der AEG und Apparatefabriken Treptow.

Digitized by Google

Möglichkeit sahen, mit Hilfe von Relais ohne Röhren die gestellten Bedingungen zu erfüllen. Wir glauben jedoch, daß für den vorliegenden Fall eine mechanische Relaisanordnung einer solchen mit Röhren an Betriebssicherheit unterlegen ist. Das Prinzip der von uns benutzten Schaltung zeigt die Abb. 1 zunächst für ein einphasiges Netz. Die zu untersuchende Spannung liegt an den Eingangsklemmen des Transformators T; die Sekundärspannung dieses Transformators wird über die Röhre G gleichgerichtet und die sich ergebende Welligkeit der Gleichspannung in dem Kreis C_1R_1 geglättet. Der Glättungskreis muß einerseits so bemessen sein, daß Pulsationen der gleichgerichteten Spannung vermieden sind, anderseits aber seine Zeitkonstante möglichst klein wird. Die Gleichspannung fließt dann über einen zweiten Widerstand R dem Kondensator C zu, der eine gewisse Ableitung besitzen möge. Am Widerstand R liegen Gitter und Kathode eines Stromrichters S, in dessen Anodenleitung die Umschaltspule U, die den Ablauf des Störschreibers einleitet, und eine Hilfsbatterie liegen. Der Stromrichter S wird dann zünden (umschalten), wenn das Gitter positiv gegenüber der Kathode wird.

Im störungsfreien Betrieb hat der Kondensator C infolge seiner Ableitung eine etwas kleinere Spannung als der Kondensator C_1. Das Gitter des Stromrichters S, welches normalerweise negativ ist, wird dann positiv gegenüber der Kathode, wenn ein Strom vom Kondensator C zum Kondensator C_1 über den Widerstand R zurückfließt, und zwar wird die positive Ladung des Gitters um so größer, je größer dieser zurückfließende Strom ist. Der Strom ist nun seiner Größe nach abhängig einmal von der an C_1 erfolgenden Spannungsschwankung, dann aber auch von der Geschwindigkeit, mit der die Spannung C_1 absinkt. Würde nämlich die Spannung am Kondensator C_1 erst in unendlich langer Zeit sich ändern, so brauchte, um den Kondensator C auf demselben Wert zu halten, kein wesentlicher Strom zu fließen. Die Änderungen der Spannung am Kondensator C_1 sind nun bedingt durch Änderungen des Effektivwertes, genauer des Mittelwertes der Wechselspannung. Also wird der Stromrichter dann zünden, wenn die Netzspannung mit einer gewissen Geschwindigkeit um einen gewissen Betrag absinkt. Die Anordnung nach Abb. 1 erfüllt also für ein einphasiges Netz die Bedingungen der gestellten Aufgabe.

Eine Berechnung der Verhältnisse unter der Annahme, daß an Stelle des Kondensators C_1 eine Gleichspannungsquelle liegt, daß also eine Gleichspannung unmittelbar an den beiden stark herausgezeichneten Klemmen in Abb. 1 liegt, und der rechte Teil des Schaltbildes mit der Gleichrichtung des Wechselstromes vollkommen fehlt, ergibt folgendes: Das Spannungsgleichgewicht ist gegeben, wenn

$$\frac{1}{c}\int i\,dt + Ri = \Delta u$$

ist, bzw. wenn

$$\frac{1}{c}\,i + R\,\frac{di}{dt} = \frac{du}{dt}$$

ist. Die Lösung dieser Gleichung ergibt für den im Widerstand R fließenden Strom unter der Annahme einer linearen Spannungsabsenkung:

$$i = C\,\frac{du}{dt}\left(1 - e^{-\frac{\Delta u}{U_0}\,\frac{T}{RC}}\right).$$

Hierin bedeuten:

Δu die absolute Größe der Spannungsabsenkung,
U_0 die Ausgangsspannung,
T die Zeit, in der die Spannung von U_0 auf $U_0 - \Delta u$ absinkt.

Für den praktischen Betrieb ist es natürlich erforderlich, das Anregeglied dreiphasig auszubilden. Es ist ohne weiteres möglich, das Schaltbild nach Abb. 1 für dreiphasigen Betrieb zu erweitern und dabei trotzdem mit einem einzigen Stromrichter und einer einzigen Umschaltspule auszukommen. In diesem Fall (vgl. Abb. 2) besitzt jede Phase einen eigenen Transformator T, einen Gleichrichter G, eine Siebkette R_1C_1 und auch einen Kondensator C. Gemeinsam ist allen drei Kreisen nur der durch die strichpunktierte Linie umrandete Teil des Schaltbildes. Es fließt also die Summe der drei Ableiteströme der Kondensatoren C über den Widerstand R. Die Schaltung ist so bemessen, daß im Falle einer Spannungsabsenkung in nur einer Phase bereits im Widerstand R ein so großer Rückstrom fließt, daß dieser die durch die Ableiteströme der beiden anderen Phasen bedingte negative Gittervorspannung aufhebt und den Stromrichter freigibt. In dieser Ausführung eignet sich unser Anregeglied für die Erfassung von Kurzschlüssen, allgemein für die Erfassung von Störungen, bei denen sich die Größe der verketteten Spannung ändert. Die drei Transformatoren T sind an die verketteten Spannungen angeschlossen. In Abänderung des Schaltbildes 1 hat die endgültige Ausführung noch eine regelbare negative Gittervorspannung des Stromrichters, die an einem zur Kapazität C parallel liegenden hochohmigen Potentiometer abgegriffen wird. Auf diese Weise ist es möglich, die Größe der zur Auslösung erforderlichen Spannungsabsenkung Δu zu ändern, das Gerät also empfindlicher oder unempfindlicher zu machen. Die Geschwindigkeit, mit der die Spannungsabsenkung erfolgen muß, ist fest eingestellt, und zwar ist eine Mindest-Absenkungsgeschwindigkeit von etwa 30 V/s vorgeschrieben.

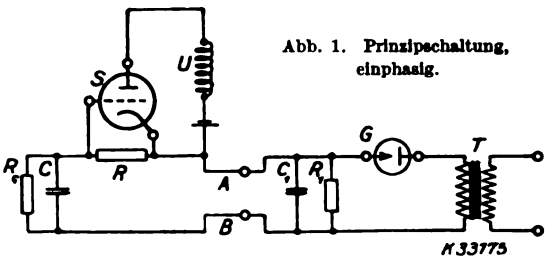


Abb. 1. Prinzipschaltung, einphasig.

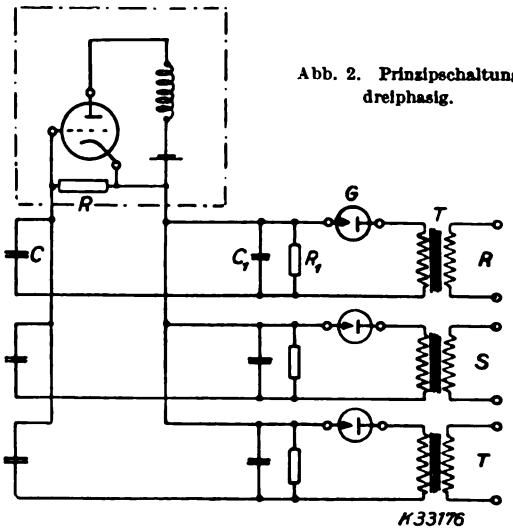


Abb. 2. Prinzipschaltung, dreiphasig.

Für Freileitungsnetze sind die Aufgaben, die das Auslöseglied zu erfüllen hat, im allgemeinen verwickelter als oben angegeben. Der Störschreiber soll auslösen, wenn eine der folgenden Voraussetzungen gegeben ist:

1. wenn die Spannung mit einem gewissen Gradienten absinkt,
2. wenn ein Erdschluß eintritt,
3. wenn der Erdschluß in einen Doppelerdschluß übergeht,
4. wenn die Leitung überhaupt spannungslos wird.

In allen diesen Fällen soll der Störungsschreiber einmal eine begrenzte Zeit laufen und erst dann erneut anlaufen, wenn sich dieselbe Störung wiederholt oder wenn ein ande-

Digitized by Google

rer der vorbezeichneten Störungsfälle zusätzlich eintritt. Auch hierzu läßt sich unter Verwendung der gleichen Prinzipschaltung, wie sie Abb. 1 angibt, unsere Röhrenauslösung verwenden, nur sind jetzt 3 Stromrichter erforderlich, die jedoch alle auf eine einzige Umschaltspule arbeiten, so daß jetzt nur noch die Hilfsspannungsquelle φ und die Umschaltspule allen drei Kreisen gemeinsam ist. Zweckmäßig wird man dabei die drei Transformatoren T an die drei Phasenspannungen und nicht an die verketteten Spannungen anschließen, da im Erdschlußfall sich lediglich die Phasenspannungen, nicht aber die verketteten Spannungen ändern.

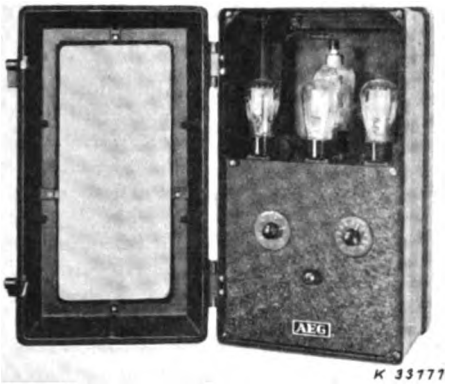


Abb. 3. Ansicht des Röhrenauslösers.

Die praktische Ausführung des Ansprechgliedes ist in Abb. 3 dargestellt. Rein äußerlich ist dies Gerät dem Störungsschreiber in Größe und Form angepaßt. Die Schaltglieder sind im unteren Teil des Gehäuses untergebracht. Die Röhren, drei normale Gleichrichterröhren und ein Stromrichter, sind frei zugänglich im oberen Teil angeordnet. Auf der Frontplatte befinden sich zwei Regler und eine Auslösetaste. Ein Regler „Empfindlichkeit" (rechts) gestattet es, die Gittervorspannung des Stromrichters einzustellen, so daß die Ansprechspannung des Gerätes 1,5 bis 25 V beträgt. Je nach der Stellung des Reglers spricht das Relais an, wenn die Spannung des überwachten Netzes um den eingestellten Betrag mit einer größeren Geschwindigkeit als 30 V/s abfällt. Der zweite Regler „Prüfspannung" (links) gestattet es, eine willkürliche Netzspannungsabsenkung zwischen 0 und 25 V einzustellen, die durch die erwähnte Prüftaste ausgelöst wird. So ist es jederzeit möglich, die Betriebsbereitschaft zu überprüfen und jede gewünschte Einstellung des ersten Reglers zu überwachen.

Das Gerät hat sich in längerem Dauerbetrieb auch im Netz ausgezeichnet bewährt. Bei ganz empfindlicher Einstellung ist die Mindestgröße der erforderlichen Spannungsabsenkung 1,5 V. Die Zeit, die zwischen dem Absinken der Spannung und dem Ingangsetzen des Papierablaufs verstreicht, also die Zeit, die das Ansprechen des Röhrenauslösers, das Umschalten vom langsamen auf das schnelle Getriebe und das Beschleunigen des Papiers umfaßt, beträgt 0,08 bis höchstens 0,12 s. D. h. also, daß nach 8 bis 12 Halbwellen der Schnellablauf des Störschreibers in Betrieb ist. Ein noch schnelleres Auslösen läßt sich grundsätzlich nicht bewerkstelligen, weil wir bei unserer Anordnung die Mittelwerte mehrerer aufeinanderfolgender Halbperioden der Wechselspannung miteinander vergleichen, und je nach dem Ausfall dieses Vergleiches das Anregeglied ansprechen muß. Die Auslösung selbst kann daher erst dann erfolgen, wenn mehrere, theoretisch mindestens zwei aufeinander folgende Halbwellen verstrichen sind; denn gesetzt den Fall, das Gerät würde noch schneller ansprechen, so würde es, auch ohne daß eine Störung vorhanden ist, bereits infolge der Pulsation der gleichgerichteten Wechselspannung ansprechen.

Gewisse Bedenken könnten geäußert werden gegen die Verwendung von Röhren in dauernd in Betrieb befindlichen Überwachungseinrichtungen. Nachdem jedoch sowohl in der Rundfunktechnik als auch schon in Elektrizitätswerken in der Hochfrequenztelephonie in großen Ausmaßen Elektronenröhren verwendet werden, glauben wir, daß derartige Bedenken nicht stichhaltig sind. Es ist selbstverständlich damit zu rechnen, da die Lebensdauer größenordnungsmäßig 1000 bis 3000 h beträgt, daß alle Vierteljahr die eine oder andere Röhre des Auslösegliedes durchbrennt und durch eine neue ersetzt werden muß. Da man ohne weiteres, wie die Abb. 3 zeigt, durch das Schauglas die Heizfäden der Röhren sehen kann, wird es genügen, wenn der Schalttafelwärter bei seinen Prüfgängen, die wohl 2- bis 3mal täglich erfolgen, sich von dem normalen Betrieb sämtlicher Röhren überzeugt bzw. gelegentlich mit Hilfe der Prüftaste die Gesamtordnung überprüft. Sollten die Anforderungen höher gestellt werden, so besteht natürlich die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln eine Signalanordnung vorzusehen, die anspricht, wenn eine Röhre durchbrennt.

Zusammenfassung.

Im beschriebenen Umschaltrelais wird die Netzspannung gleichgerichtet und geglättet über einen (Gitter-) Widerstand einem Kondensator zugeführt. Bei Absinken der Spannung entsteht durch den Entladestrom eine Spannung am Widerstand, die einen Stromrichter zündet, in dessen Anodenkreis die Umschaltspule des Störungsschreibers liegt. Die Höhe der auftretenden Gitterspannung wird durch die Geschwindigkeit der absinkenden Netzspannung bestimmt, so daß bei langsamen Änderungen keine Zündung auftritt. Es wird damit eine eindeutige Unterscheidung zwischen Regelvorgang und Störung erzielt. Das Gerät wird in zwei Ausführungen gebaut, einmal nur zur Auslösung bei Kurzschlüssen, zweitens zur Auslösung bei Erd- und Kurzschlüssen.

Biologische und technisch-physikalische Grundlagen der Kurzwellentherapie.

Von **Erwin Schliephake**, Gießen, und **P. Wenk**, Erlangen.

621. 319. 029. 6 : 615. 84

Übersicht. Die Grundlagen, auf denen sich die Ausübung der Kurzwellentherapie in der heutigen Form aufbaut, werden erörtert. Dabei ist wichtig, zunächst auf die Besonderheiten einzugehen, durch die das Kurzwellenverfahren sich von ähnlichen anderen Verfahren unterscheidet. Hieraus ergeben sich dann die Forderungen, die von medizinischer Seite zu stellen sind, und die Wege zu ihren technischen Lösungen, die bis jetzt eingeschlagen worden sind.

Als A. Esau und E. Schliephake Ende 1926 ihre ersten biologischen Versuche mit Ultrakurzwellen begannen, da war ihnen nichts davon bekannt, daß fast gleichzeitig in Nordamerika von Schereschewsky[1]) ähnliche Versuche unternommen worden waren. Unabhängig voneinander hatten die Versuche gezeigt, daß kleine Tiere im Kondensatorfeld eines Kurzwellensenders getötet werden können. Hier schon erhob sich die auch heute noch stark erörterte Frage, ob der Tod der Tiere allein durch Wärme oder durch elektrische Wirkungen erfolgt. Wir glaubten damals diese Frage auf Grund meiner Untersuchungen zunächst allein im Sinne der Wärmewirkung

[1]) Schereschewsky, Public health rep. XLI (1926) S. 1929.

Digitized by Google

entscheiden zu können. Die Temperatursteigerung bei den Tieren sprach in diesem Sinn, die anatomischen Veränderungen ließen ebenfalls zunächst nichts erkennen, was sich von einer reinen Wärmewirkung unterschieden hätte. Auch heute noch müssen wir annehmen, daß ein großer Teil der Wirkungen durch bloße Erwärmung zu erklären ist, wir kennen aber daneben schon Wirkungen, die sich aus einer gewöhnlichen Erwärmung heraus nicht mehr erklären lassen. Was aber außerdem die Kurzwellentherapie aus anderen Verfahren deutlich heraushebt, ist die besondere Verteilung der Wärme, die im Modell, aber auch an Tieren und Menschen nachgewiesen werden konnte.

Hierbei sind wieder zwei Punkte zu trennen, die an sich eng voneinander abhängen, aber für die medizinische Wirkung doch eine verschiedene Rolle spielen und deshalb besser getrennt behandelt werden. Diese sind die Möglichkeit einer gezielten Tiefenwirkung und die besondere Wirkung auf kleinste Teilchen. Die gezielte Tiefenwirkung ist selbstverständlich cum grano salis zu verstehen. Es ist wohl klar, daß sich die Wirkung eines Kondensatorfeldes nicht mit absoluter Schärfe geradlinig durch den menschlichen oder tierischen Körper hindurch erstreckt, sondern es findet eine unter Umständen recht erhebliche Streuung statt. Bei Wahl der richtigen Größe der Kondensatorplatten und richtigem Abstand der Platten von der Körperoberfläche kann man aber damit rechnen, daß der größte Teil der Wirkung die Gewebe in dem zwischen den Elektroden befindlichen Gebiet durchdringt. Das Verhältnis der Wirkung (Temperatursteigerung) in der Tiefe zu derjenigen auf der Hautoberfläche bezeichnen wir als die relative Tiefendosis. Sie kann im Ultrakurzwellenfeld sehr hoch werden und unter Umständen nahe an 1 herankommen, d. h. in den tiefgelegenen Organen findet eine fast ebenso große Erwärmung wie auf der Hautoberfläche statt. Im allgemeinen wird man mit einer relativen Tiefendosis von einviertel bis einhalb rechnen dürfen. Dies bedeutet einen großen Fortschritt gegenüber der alten Diathermie. Bei der Diathermie, die mit Frequenzen um 1 Mill Hz herum arbeitet, haben wir relative Tiefendosen, die bedeutend geringer sind und, je nach Art des Organs, 5 bis 20 % betragen[2]). Wir bekommen dadurch eine starke Überlastung der Haut, die wegen der Verbrennungsgefahr nicht über einen bestimmten Wert hinaus getrieben werden darf. Anderseits ist ein Verhältnis von 2 : 1 oder 3 : 1 zwischen der Erwärmung der Oberfläche und der Tiefe günstig; ein gewisses Überwiegen der Hauterwärmung ist nämlich deshalb wünschenswert, weil bei großen Feldstärken die Wärmeempfindung noch genügend stark ist, um Überdosierung und damit innerliche Verbrennungen zu verhindern.

Das eben genannte Verhältnis der Wirkung der beiden Stromarten hängt mit der kapazitiven Wirkung zusammen, die bei den Diathermiefrequenzen noch äußerst klein ist, so daß wir es praktisch mit einem reinen Leitungsstrom zu tun haben, während bei den Kurzwellenfrequenzen schon eine starke Verschiebungsstrom-Komponente vorhanden ist. Auf diese Weise werden Trennungsschichten im Körper, wie Sehnenscheiden und Fettkapseln, kapazitiv überbrückt, während sie vom Diathermiestrom wie von jedem anderen elektrischen Gleich- oder Wechselstrom, umflossen werden. Anderseits wird da, wo der Diathermiestrom gezwungen ist, solche schlechtleitenden Schichten zu durchfließen, hier die weitaus stärkste Erwärmung eintreten; dies ist in erster Linie der Fall an der unter der Haut gelegenen Schicht von Fettgewebe sowie an allen Übergängen von einem Organ zum anderen. Auch dies ist bei den Kurzwellenfrequenzen aus eben demselben Grund nur in geringem Maße der Fall. Selbstverständlich ist es möglich, auch mit Diathermiefrequenzen eine hohe Tiefendosis unter bestimmten Bedingungen zu erzielen. Wenn man so große Elektroden nimmt, daß sie den größten Teil eines Gliedes oder des Rumpfes bedecken, dann bleibt für den Strom keine andere Möglichkeit, als durch den ganzen Querschnitt hindurchzufließen.

Unsere Absicht ist es ja aber gerade, eine lokale Wirkung hervorzubringen, also mit Elektroden zu arbeiten, die im Verhältnis zu dem zu behandelnden Körper klein sind. Dies läßt sich aber bis jetzt nur erreichen mit sehr hohen Frequenzen und großem Luftabstand der Elektroden.

Wie im physikalischen Teil noch ausgeführt werden soll, ist für die Tiefenwirkung die kapazitive Stromkomponente maßgebend. Natürlich dringt auch vom Diathermiestrom ein gewisser Teil in die tiefen Gewebsschichten und Organe ein; die Stärke dieses Teils ist aber, wie schon erwähnt, von der Art, Größe und Anordnung der einzelnen Widerstände abhängig. Durch die kapazitive Komponente des höher frequenten Stromes werden alle diese Schichten überbrückt, es findet über sie hinweg eine unmittelbare Einwirkung des Feldes auf die tiefgelegenen Teile statt, die dort schließlich Wärme erzeugen. Die Größe der kapazitiven Wirkung ist für die einzelnen Gewebsteile verschieden. Sie hängt von ihrer jeweiligen Dielektrizitätskonstante, den spezifischen Wirkwiderständen und der Wellenlänge ab. Wir wissen nun aus vielen Untersuchungen, daß für die Gewebe des menschlichen Körpers die kapazitive Komponente bei Wellenlängen kleiner als 30 m eine wesentliche Rolle zu spielen beginnt.

Eine eigenartige Erscheinung war bei Versuchen über die Tiefenwirkung schon 1929 aufgefallen. Damals wurden sehr schwankende Werte gefunden, die durch Stromschwankungen usw. nicht zu erklären waren. Durch weitere Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß der Grad der relativen Tiefenwirkung vom Abstand der Elektroden abhängt. Die beste relative Tiefendosis wurde bei Armen oder Beinen erhalten, wenn die Elektroden beiderseits einen Abstand von mindestens 4 cm von der Körperoberfläche hatten. Da ein solcher Abstand beim Patienten schwer konstant zu halten ist, versuchten wir verschiedene Isolierstoffe (Hartgummi, Stoffe, Gewebe, Glas usw.) zwischen Elektrode und Oberfläche einzuschalten. Das Ergebnis war, daß die weitaus beste Tiefendosis erzielt wurde, wenn nur Luft zwischengeschaltet war, und daß alle anderen zwischengeschalteten Stoffe sie bedeutend verschlechterten. Da, abgesehen von Quarz, Glas in dieser Beziehung weitaus am besten war, wurden schließlich verhältnismäßig dünne Scheiben aus Glas in einem bestimmten Abstand vor die Elektrode gelegt. Solche Elektroden werden zweckmäßig so gestaltet, daß man die eigentliche Metallelektrode mit einer Glasschale umgibt, die durch irgendeine Vorrichtung festgehalten wird. Durch eine Schraubvorrichtung kann man dann den Luftabstand willkürlich verändern. Man hat später — wohl mehr aus wirtschaftlichen als wissenschaftlichen Erwägungen heraus — versucht, verschiedene der bereits früher schon als unzulänglich erkannten Materialien, wie Stoffgewebe oder Gummi, zwischen Elektrode und Körperoberfläche einzuschalten. Über die Tauglichkeit solcher Zwischenlagen hat Kowarschik[3]) eingehende Untersuchungen angestellt mit dem Ergebnis, daß alle derartigen Zwischenlagen die relative Tiefendosis nicht nur nicht verbessern, sondern bedeutend verschlechtern, ja teilweise sogar die auf diese Weise erreichbaren Wirkungen einen Rückschritt gegenüber der alten Diathermie bedeuten. Neuerdings haben Pratt[4]) und Sheard Untersuchungen an tierischen Organen und Geweben angestellt und die eben erwähnten Ergebnisse über den Einfluß des Elektrodenabstandes voll und ganz bestätigt.

An Modellen haben Gebbert, Pätzold und Betz[5]) quantitative Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Elektrodenabstände ausgeführt mit dem Ergebnis, daß

[2]) O. Schmid, Arch. Tierheilk. 55 (1926) S. 53; Bessemans und Vanhoutegham, Ann. méd. phys. et physis-biol. 28 (1935) S. 151.

[3]) Kowarschik, Klin. Wo. 12 (1933) S. 1757.

[4]) Pratt und Sheard, Proc. soc. exp. Biol. a. Med. 32 (1935) S. 776.

[5]) Gebbert, Klin. Wo. 13 (1934) S. 905; Pätzold und Betz, Z. exp. Med. 94 (1934) S. 696.

Digitized by Google

die Stärke der relativen Tiefendosis eine Funktion des Elektrodenabstandes ist. In letztgenannter Arbeit sind darüber hinaus noch eine Reihe anderer wichtiger Fragen über den Einfluß der Elektrodenanordnungen auf die Wärmeverteilung behandelt. Durch unsymmetrische Elektrodenabstände ist ferner die Möglichkeit gegeben, den Höchstwert der Wirkung mehr nach der einen oder anderen Seite hin zu verschieben. Unter derjenigen Elektrode, die der Körperoberfläche näher liegt, ist die Wirkung stets stärker als unter der in größerer Entfernung angebrachten Elektrode. Der Grenzfall ist dann gegeben, wenn die eine Elektrode nahe herangebracht wird, die andere Elektrode überhaupt weggelassen wird. Sie wird dann durch die Kapazität der Wände oder der Erde ersetzt. Manche Autoren sprechen dann von „unipolarer" Anwendung des Kondensatorfeldes.

Es ist selbstverständlich, daß bei so großen Elektroden-Haut-Abständen der Prozentsatz der Gesamtleistung, der im Dielektrikum, in unserem Fall also im menschlichen Körper, umgesetzt wird, kleiner ist als bei anliegenden Elektroden. Diese Verschlechterung des Wirkungsgrades steht aber in keinem Verhältnis zu dem medizinischen Gewinn der Vergrößerung der relativen Tiefendosis. Bei der Nivellierung der Wärmeverteilung durch großen Elektrodenabstand ist das Wärmegefühl entsprechend geringer als bei anliegenden Elektroden. Die Wärmempfindung hängt nämlich ab von dem in der Haut stattfindenden Wärmegefälle. Wärme wird hauptsächlich dann empfunden, wenn das Wärmegefälle von außen nach innen geht. Bei steilem Wärmegefälle ist die Hitzeempfindung stark, bei Gleichheit der Tiefen- und Oberflächentemperaturen dagegen ist nur geringes oder kein Wärmegefühl innerhalb gewisser Grenzen vorhanden. Bei anliegenden Elektroden mit Filz- oder Kleiderzwischenlage ist die Erhitzung der Haut und das Wärmegefälle besonders stark infolge der Wärmestauung unter dem isolierenden Stoff. Dadurch kann oft eine stärkere Wirkung auch leistungsschwacher Geräte vorgetäuscht werden, die tatsächlich in der Tiefe nicht vorhanden ist.

Von einem brauchbaren Kurzwellengerät ist demnach zu fordern, daß seine Leistung groß genug ist, um eine genügende Tiefenwirkung hervorzubringen. Da dies nur durch großen Elektrodenabstand möglich ist, besteht also die Forderung nach so großer Leistung, daß ein Luftzwischenraum von 4 bis 5 cm überbrückt werden kann, und daß dabei noch genügende Leistungsreserve vorhanden ist. Nach den bisherigen Erfahrungen ist hierfür im Schwingungskreis eine Leistung von 300 bis 400 W das mindeste Erfordernis. Wegen der Abhängigkeit der kapazitiven Wirkung von der Wellenlänge muß gefordert werden, daß diese Leistung auch bei Wellenlängen unter 10 m erzielt werden kann. Die Energie muß ferner in weiten Grenzen regelbar sein, denn es hat sich herausgestellt, daß manche Krankheitsprozesse besser durch kräftige Dosen beeinflußt werden, daß dagegen manche andere Erkrankungen besser durch schwache Dosen zu behandeln sind. Eine selbstverständliche Voraussetzung ist ferner, daß eine definierte konstante Wellenlänge vorhanden ist, die auch bei Änderungen im Patientenkreise gleich bleibt.

Die Wellenlänge hat zweifellos einen Einfluß sowohl auf die Tiefenwirkung wie auf die Heilwirkungen überhaupt. Da jedoch fließende Übergänge bestehen, wird man bei vielen Erkrankungen mit einer konstanten Wellenlänge auskommen. Der Praktiker, der nicht eine langjährige Erfahrung in der Kurzwellentherapie besitzt, wird im allgemeinen mit einer Wellenlänge auskommen müssen. Wir haben gefunden, daß das Gebiet um 6 m am besten die verschiedenen Anforderungen erfüllt.

Für den Spezialisten, der die Kurzwellentherapie ernsthaft betreibt und sich auch mit wissenschaftlichen Fragen befaßt, ist aber die Forderung nach einem Gerät zu stellen, bei dem die Wellenlänge mit verhältnismäßig wenigen Handgriffen in größeren Grenzen verändert werden kann. Wir haben heute schon genügend auch klinische Anhaltspunkte dafür, daß Unterschiede in der Wirkung zwischen verschiedenen Wellenlängen bestehen. Bei manchen Erkrankungen sind mit kürzeren Wellen trotz geringerer Energie bessere Erfolge erzielt worden als mit längeren Wellen bei großer Energie. Bei gewissen anderen Erkrankungen kann man aber auch das Umgekehrte feststellen. Die Auffassung, daß die Wellenlänge gänzlich ohne Bedeutung sei, da zwischen den einzelnen Wellenlängen unterhalb von 20 m keinerlei Unterschiede beständen, widerspricht den neuzeitlichen Forschungsergebnissen und praktischen Erfahrungen[6]). Außerdem schließt eine solche Behauptung einen Widerspruch in sich; denn sie besagt, daß die kapazitive Tiefenwirkung von der Diathermiefrequenz von 10^6 Hz allmählich zunähme usw. bis zur Frequenz $1{,}5 \cdot 10^7$; an diesem Punkt würde jede weitere Veränderung plötzlich aufhören, so daß bis zur nächsten oder übernächsten Größenordnung der Frequenz keinerlei Unterschiede vorhanden wären.

Schon rein folgerichtig geht aus den oben genannten Gründen und Tatsachen hervor, daß die Wellenlänge für die Tiefendosis eine Rolle spielen muß und auch spielt; eine ebenso große Bedeutung hat sie für die Wirkung des Kurzwellenfeldes auf kleinste Teilchen. Durch 1928 an Blut ausgeführten Untersuchungen hat sich zuerst ergeben, daß kleinste Bestandteile des menschlichen Körpers im Kurzwellenfeld selektiv erwärmt werden können, d. h. daß ihre Erwärmung stärker sein kann als die ihrer Umgebung. Wenn man ungerinnbar gemachtes Blut zentrifugiert, so daß sich die roten Blutkörperchen vom umgebenden Serum trennen, und die Bestandteile für sich einem konstanten Kurzwellenfeld aussetzt, so verhalten sich diese Bestandteile bezüglich ihrer Erwärmung in der Zeiteinheit verschieden. Bei einer 4 m-Welle erwärmt sich beispielsweise am stärksten die Masse der roten Blutkörperchen, das Serum dagegen viel schwächer. Die Erwärmung des aus beiden Bestandteilen zusammengesetzten Vollblutes bewegt sich dagegen um einen mittleren Wert. Setzt man einer geeigneten Flüssigkeit (z. B. 0,9 % Kochsalzlösung) rote Blutkörperchen in steigender Menge zu, so erwärmt sich die Aufschwemmung um so stärker, je höher der Prozentsatz der zugesetzten Blutkörperchen ist. Daraus geht hervor, daß sich innerhalb der Aufschwemmung die Blutkörperchen stärker erwärmt haben müssen als die Flüssigkeit.

Hierüber hat Schaefer[7]) weitere Messungen angestellt, und zwar bestimmte er die Energieabsorption im Blut. Er fand, daß bei niedrigen Frequenzen die Leitfähigkeit des Blutes im wesentlichen durch das Serum bestimmt wird, während die roten Blutkörperchen, die durch eine Lipoidhülle isoliert sind, nicht am Leitungsvorgang teilnehmen. Erst bei den Frequenzen des Kurzwellengebietes findet eine Absorption von Energie im Innern der Blutkörperchen statt, da die Lipoidhüllen jetzt kapazitiv überbrückt werden. Je höher die Frequenz, je größer also die kapazitive Komponente, desto stärker werden die innerhalb der Blutkörperchen erzeugten Ströme, desto geringer der Hochfrequenzwiderstand des Blutes und desto stärker die Erwärmung.

Wir haben weiterhin heute Beispiele dafür, daß auch innerhalb des lebenden Körpers selektive Wirkungen erzeugt werden können. Zu bestimmten Zwecken, auf die hier nicht eingegangen werden kann, wurde bei Kaninchen das Gehirn durchflutet. Je nach der angewandten Dosis fanden wir dabei verschiedene physiologische Wirkungen auf den Organismus. Außerdem fanden wir aber auch Wirkungen, die nicht nur von der Dosis abhingen, sondern allein von der angewandten Wellenlänge. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Gehirns durch Ostertag[8]) fand sich, daß je nach angewandter Wellenlänge verschiedene Veränderungen an den Zellen vorhanden waren. Bei Wellen über 6 m erstreckten sich die Verände-

[6]) Schliephake, Kurzwellentherapie III. Aufl., S. Fischer, Jena, 1936.
[7]) Schaefer, Z. exp. Med. 92 (1933) S. 341.
[8]) Ostertag, Dt. med. Wo. II (1932) S. 1240.

Digitized by Google

rungen durch den ganzen betroffenen Querschnitt hindurch; bei Wellenlängen unter 3,50 m dagegen fanden sich streng umschriebene anatomische Veränderungen an bestimmten Gruppen von Nervenzellen, während andere danebenliegende Zellen unverändert geblieben waren. Hier ist also zweifellos eine selektive Wirkung auf eine bestimmte Art von Zellen vorhanden.

Ob diese Wirkung allein auf besonders starker Wärmeabsorption in den betreffenden Gebilden beruhen, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Es scheint aber, als ob eine Art von „Punktwärme" in Frage käme. Dadurch, daß die Feldwirkung nur an einem Strukturelement einer Körperzelle angreift, kann unter Umständen der ganze Zellstoffwechsel gestört werden, und es erfolgt Funktionsänderung oder Absterben einer solchen Zelle. Als Angriffspunkt kommen, wie ich dies schon von jeher angenommen habe, im wesentlichen die Kolloide in Betracht. Zu beachten ist, daß ja die großen kolloidalen Moleküle unseres Körpereiweißes oder unserer Phosphatide oft Dipolcharakter haben, die im ultrakurzen Wellenband vielleicht schon anormale Absorption zeigen können. Dies würde sich bekanntlich in mehr oder weniger plötzlichen Sprüngen. der D.K. bemerkbar machen. Schaefer[9]) sowie Dänzer[10]) haben Dispersionsstellen in Kolloiden nachgewiesen. Diese Moleküle haben manchmal noch Seitenketten mit stärkeren polaren Ladungen, die bei bestimmten Frequenzen Bewegungen unabhängig vom übrigen Molekülkomplex ausführen können. Für das Molekül Sphingomyelin, das im menschlichen Gehirn vorkommt, konnte I. Hausser[11]) ein solches Verhalten bei Frequenzen zwischen 3 und 8 m Wellenlänge sehr wahrscheinlich machen.

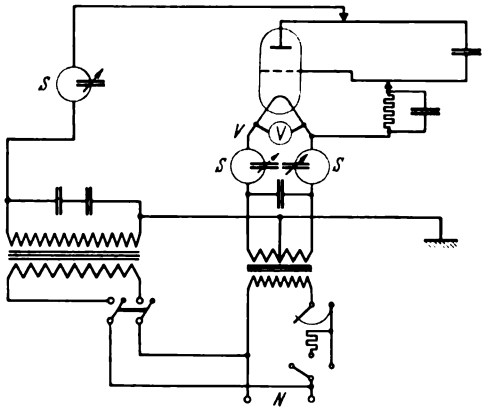


Abb. 1. Esau-Wechsung-Schaltung.

Für das kolloidale Verhalten eines Moleküls spielt die Verteilung der Ladungen eine große Rolle. Wir wissen beispielsweise, daß die Hydratation des Moleküls von der Stärke und Lage der Ladungen weitgehend abhängt. Es darf deshalb auch angenommen werden, daß unter dem Einfluß des Kurzwellenfeldes an bestimmten Molekülen Veränderungen eintreten, die teils nur während der Feldwirkung bestehen, teils auch bleibend sein können. Der kolloidale Zustand beispielsweise der Zellmembranen ist aber von außerordentlich großer Bedeutung für die osmotischen Verhältnisse und damit für die intermediären Stoffwechselvorgänge an den Zellen.

In diesem Zusammenhang sind vielleicht die Untersuchungen von Keller und Schlag[12]) an frischem Fleisch von Interesse. Beim Ablagern von frischem Fleisch in Kühlräumen tritt mit der Zeit eine leichte Säuerung ein, die sich durch Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration leicht messen läßt. Wurde das Fleisch (Muskelfleisch und verschiedene innere Organe) einige Minuten dem Kurzwellenfeld ausgesetzt, so ging die Säuerung bedeutend rascher vor sich und führte zu ganz anderen Werten als sonst. Die Unterschiede waren dabei um so größer, je kürzer die angewandte Wellenlänge war. Fleisch, das auf andere Art erwärmt worden war, zeigte diese Veränderungen nicht. Hieraus scheint auch eine frequenzabhängige Wirkung hervorzugehen, die offenbar nicht mit der einfachen Erwärmung zusammenhängt, die aber sicher bei der Beeinflussung menschlicher Krankheiten eine große Rolle spielt. Ebenso scheinen auch zwischen den Wirkungen ungedämpfter und gedämpfter Wellen Unterschiede zu bestehen.

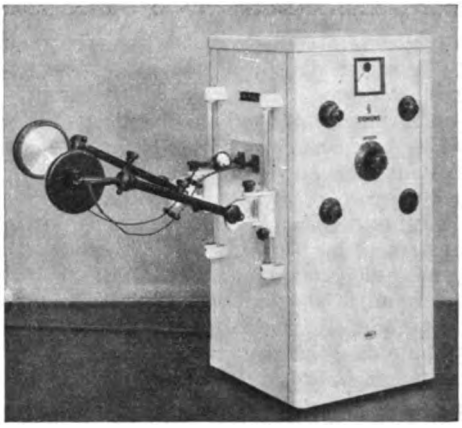


Abb. 2. Zwei-Röhren-Gerät, Hochfrequenzleistung etwa 380 bis 650 W, Wellenlänge stetig regelbar zwischen 3 und 8 m.

Die eben gemachten Ausführungen sollen vor allen Dingen zeigen, daß wir auch heute noch mit unseren Untersuchungen über die Wirkung der Kurzwellen am Anfang stehen. Viele Fragen sind gerade erst in Angriff genommen worden und sind in ihrer Tragweite heute noch nicht übersehbar. Ganz sicher ist, daß wir die optimalen Bedingungen für die therapeutische Anwendung heute noch keineswegs genau kennen, und daß wir uns in dieser Hinsicht noch im Tasten befinden. Es ist unbedingt notwendig, daß auf allen den hier nur angedeuteten Wegen noch weitergegangen wird; doch werden noch Jahre nötig sein, bis die meisten in der Schwebe befindlichen Fragen gelöst werden können. Wie nicht anders zu erwarten war, sind auch in die Wirkung der Ultrakurzwellen auf den menschlichen Körper wie bei fast allen neuen Energieformen von verschiedenen Seiten überspannte Hoffnungen gesetzt worden, die dazu angetan waren, das neue Verfahren zu schädigen.

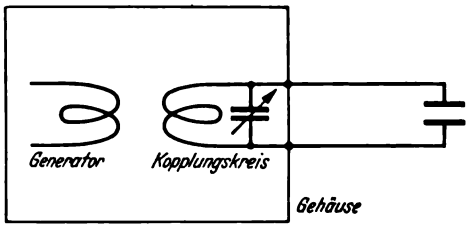


Abb. 3. Ankopplung des Patientenkreises.

Zur Erzeugung der Hochfrequenzenergie werden vornehmlich Röhrengeneratoren größerer Leistungen (300 bis 1000 W) benutzt. Die verwendeten Wellenlängen liegen in dem Bereich von 3 bis 15 m. Erst die bekannte Essau-Wechsung-Schaltung[13]) [14]) ermöglichte es,

[9]) Schaefer, Z. Physik 77 (1932) S. 112.
[10]) Dänzer, Hochfreq. u. Elektroakust. 45 (1935) S. 85, Ann. Phys. 20 (1934) S. 783.
[11]) Hausser, Kuhn u. Giral, Naturwiss. 1935, S. 639.
[12]) Keller und Schlag, noch nicht veröffentlicht.
[13]) A. Esau, ETZ 47 (1926) S. 321.
[14]) H. Wechsung, Z. Hochfrequenztechn. 31 (1928) S. 176.

Digitized by Google

sehr schnelle elektrische Schwingungen zu erzeugen, die auch unterhalb von 10 m noch beträchtliche Intensität besitzen (Abb. 1). Für die oben angegebenen größeren Leistungen benutzt man die übliche Gegentaktschaltung mit ihren erheblichen Vorteilen in bezug auf bequeme Wellenlängenänderung. Es fallen einige lästige Sperrkreise und Drosseln weg, die man sonst bei Änderung der Wellenlänge nachstimmen müßte. Abb. 2 zeigt ein ausgeführtes Zweiröhrengerät. Zur Energieentnahme, Abb. 3, ist ein zweiter abstimmbarer Kreis im Abstand von einigen cm an die Schwingkreisspule des Generators angekoppelt. Dieser Behandlungs- oder Patientenkreis besteht in den meisten Fällen aus einem Kopplungskreis und 2 Kabeln, Länge 80 bis 120 cm, welche die Hochfrequenzenergie an zwei isolierte biegsame oder starre Metallplatten führen. Die Isolierung der Behandlungselektroden besteht nach

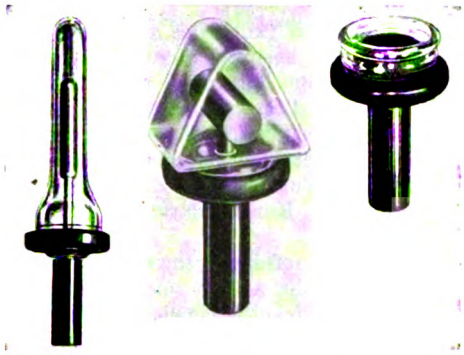


Abb. 4. Ausführungsformen von Sonderelektroden.

Schliephake[15]) aus Glastöpfen, Abb. 4, die über die Metallplatten gestülpt sind. In den Zwischenraum der Behandlungselektroden, in das sogenannte Kondensatorfeld, wird nun der jeweils zu behandelnde Körperteil des Patienten eingefügt. Die Elektroden haben keinen metallischen Kontakt mit dem Körperteil, Abb. 5, sondern

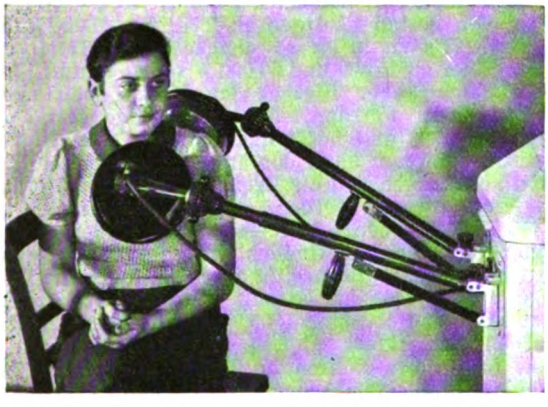


Abb. 5. Beispiel einer Thorax-Behandlung.

sind nur noch kapazitiv angeschlossen. Der menschliche Körper bildet also bei diesem Behandlungsverfahren das Dielektrikum eines Kondensators. Dieses Dielektrikum besteht sowohl aus festen biologischen Geweben, als auch aus Elektrolyten und Kolloiden. Aus Gründen, die schon besprochen wurden, behandelt man mit einem Luftabstand Elektrode — Körper, der bis zu 500 mm betragen kann. Die Zwischenräume werden kapazitiv von dem hochfrequenten Strom überbrückt. Im Körper (Dielektrikum) fließt gleichzeitig ein Leitungs- und ein Verschiebungsstrom. Die Erwärmung des durchströmten Verlustdielektrikums beruht überwiegend auf seiner elektrischen Leitfähigkeit (ohmscher Widerstand), dadurch Umwandlung in Joulesche Wärme. Zum anderen können elektrisch polarisierte Teilchen (Dipolmoleküle) durch das hochfrequente Feld in pendelnde Bewegung gesetzt werden und durch Reibung evtl. eine zusätzliche, wenn auch geringe Erwärmung erzeugen. Die hochfrequenten elektrischen Ströme äußern sich fühlbar im menschlichen Körper nur in Wärme. Die in einem Volumenelement dv eines Mediums von der Leitfähigkeit k in der Zeiteinheit umgesetzte Wärmemenge dQ beträgt

$$dQ = k \cdot \mathfrak{E}^2 \cdot dv.$$

$\mathfrak{E}$ ist die Feldstärke an der betr. Stelle. Die Erwärmung ist also proportional dem Quadrat der Feldliniendichte. Nun stellt der Körper kein homogenes Dielektrikum dar, sondern wir haben es hier mit einem kompliziert geschichteten Dielektrikum zu tun. Ein Durchschnitt eines Oberschenkels ist in Abb. 6 skizziert. Sein angenähertes elektrisches Ersatzschema[16]) zeigt ebenfalls Abb. 6. Die hochfrequente Stromverteilung im geschichteten Körper erfolgt nicht ausschließlich nach den Kirchhoffschen Gesetzen wie in einem System rein ohmscher Widerstände (Diathermie). Sie hängt einmal ab von der Lage der Kondensatorelektroden zueinander und zur Körperoberfläche, dann von den Dielektrizitätskonstanten und den Leitfähigkeitswerten der verschiedenen Schichten. Auch die natürliche Streuung der Feldlinien infolge des vorhandenen Elektroden-Haut-Abstandes spielt eine nicht zu unterschätzende Rolle. Je nach dem Verhältnis vom Wirkwiderstand R zum kapazitiven Blindwinderstand $\frac{1}{\omega C}$ werden die Schichten von verschiedenen hochfreqenten Leitungsströmen durchflossen, die dann in ihnen die erwünschte Joulesche Wärme erzeugen.

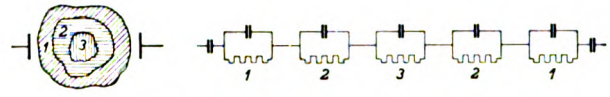


Abb. 6. Einfachste Schichtung im biologischen Gewebe.

Je nach Wahl der betreffenden Frequenz des Stromes gilt dann:

$$R \gtreqless \frac{1}{\omega C}.$$

Es ist ein Hauptvorteil der Kurzwellentherapie, daß bei Wellenlängen unter 15 m, also einer Frequenz über $2 \cdot 10^7$ Hz, in den biologischen Geweben mit geringerer Leitffähigkeit (Fett, Haut, Knochen) der Stromdurchgang vorwiegend kapazitiv erfolgt. Dadurch erhält man eine Steigerung der relativen Tiefenerwärmung. Je nach der Größe der Scheinwiderstände durchfließt der hochfrequente Strom die Schichten entweder als Leitungsstrom und erzeugt also Joulesche Wärme, oder als Verschiebungsstrom. Von medizinischer Bedeutung ist die sich ergebende Entlastung der Haut und des Unterhautfettgewebes.

Wie schon erwähnt, besteht der menschliche Körper aus biologischen Geweben, die, physikalisch gesehen, verschiedene elektrische Leitfähigkeiten und verschiedene Dielektrizitätskonstanten besitzen. Pätzold[17]) zeigte in einer Arbeit, daß für verschiedene Organe jeweils ein konstanter hochfrequenter Strom einen Höchstwert der Erwärmung hervorrufen müßte nach der Maximumbeziehung:

$$k = \frac{\nu \varepsilon}{2}.$$

Unter der Voraussetzung, daß auch die Hochfrequenzleitfähigkeiten der verschiedenen Organe relativ zueinander so verschieden sind wie die Niederfrequenzwerte, konnte gezeigt werden, daß ein weites Frequenzband des Ultrakurzwellen-Spektrums zu dieser wellenlängenabhängigen

[15]) Schliephake, Kurzwellentherapie III. Aufl. S. Fischer, Jena, 1936.

[16]) Pätzold, Med. Klin. (1934) S. 1.

[17]) J. Pätzold, Z. techn. Phys. 13 (1932) S. 212.

Digitized by Google

Tiefenerwärmung gehört. Ein endgültiges Urteil über den medizinischen Sinn dieser Wellenlängenabhängigkeit kann erst abgegeben werden, wenn die Hochfrequenzleitfähigkeiten und die Dielektrizitätskonstante von biologischen Geweben, mit Kurzwellen gemessen, vorliegen.

Nachdem nun einige physikalische Fragen des Kondensatorfeldverfahrens gestreift wurden, sollen noch kurz einige Behandlungswege besprochen werden. Eine besondere Form des Kondensatorfeldes wird bei der künstlichen

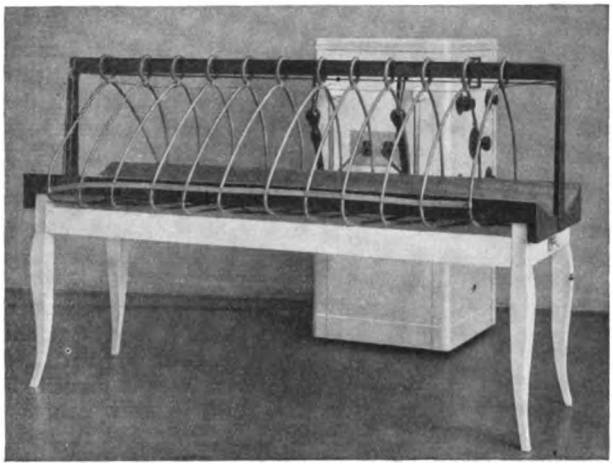


Abb. 7. Lagerungstisch für Ganzkörper-Spulenfeldbehandlung.

Fiebertherapie (Elektropyrexie) angewandt. Der Patient wird in diesem Fall in wärmeisolierende Stoffe, z. B. Frottiertücher, Wolldecken usw., gehüllt und auf einen Behandlungstisch gelegt, dessen Tafel aus einem Baustoff besteht, der nur sehr kleine dielektrische Verluste hat, damit keine unerwünschte Erwärmung der Tischfläche auftritt. Das verwendete Kondensatorfeld erstreckt sich bei diesem Verfahren über den Körperstamm, evtl. auch über die Gliedmaßen. Es werden Therapieleistungen von 600 bis 1000 W benötigt sowie großflächige Elektroden, die über und unter dem Patienten angebracht sind und einen Abstand von mehreren cm von der Körperoberfläche besitzen. Bei diesem Verfahren kommt es weniger auf örtliche oder spezifische Wirkung an, es wird vielmehr eine allgemeine thermische Wirkung gefordert.

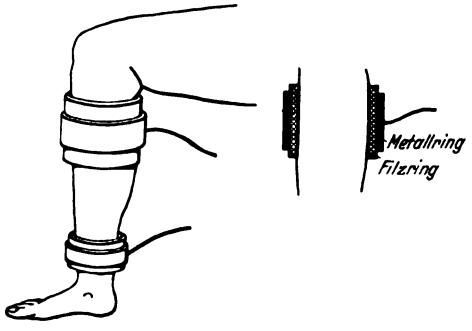


Abb. 8. Ringfeldanordnung.

Ein anderes gebräuchliches Behandlungsverfahren ist auch das Spulenfeldverfahren nach Kowarschik[18]), bei dem die behandelten Körperteile oder auch der ganze Körper (Ganzkörperbehandlung, Abb. 7) mit gummiisolierten Kupferbändern umwickelt werden. Diese so erhaltene Spule, die entweder am Körper anliegt oder einen Abstand von einigen cm von der Körperoberfläche hat, wird mit zwei isolierten Kabeln an den schon früher erwähnten abstimmbaren Kopplungskreis geschaltet. An Geräten mit kurzen Wellenlängen, etwa 6 m, schwingt eine Spule mit mehreren Windungen als Leitungsgebilde. Die Erwärmung erfolgt wie bei einem verteilten Kondensatorfelde. Ist die angewandte Wellenlänge, z. B. 25 m, verhältnismäßig groß gegenüber den Spulenabmessungen, so überwiegt das elektromagnetische Feld des Solenoids und die Erwärmung wird durch Wirbelstromverluste[19]) im Körper hervorgerufen. Vorteilhaft ist dieses Verfahren bei Durchwärmung von Gliedmaßen (Arm, Bein).

Eine physikalisch günstige Längsdurchwärmung von Gliedmaßen erhält man auch mit einer Ringelektrodenanordnung nach Leistner und Schaefer[20]). Zwei isolierte Metallringe werden, wie Abb. 8 zeigt, so an den betreffenden Gliedmaßen angebracht, daß sich ein elektrisches Feld zwischen den Ringelektroden ausbilden kann und der dazwischenliegende Körperteil in der Längsachse von dem hochfrequenten Strom durchflossen wird.

Zusammenfassung.

Zunächst wird die Wirkung des hochfrequenten Feldes auf den Organismus besprochen und physikalisch erläutert. Es zeigt sich, daß man den Stromdurchgang durch den Körper von Lebewesen, der sich zwischen zwei Kondensatorbelegen befindet, für hohe Frequenzen wesentlich als kapazitativen Stromdurchgang erklären kann, dem infolge der hohen Verluste in dem unvollkommenen Dielektrikum, das der Körper darstellt, örtliche Erwärmungen entsprechen.

Auf Grund der Ausführungen werden dann die Bedingungen gewonnen, die an ein solches Gerät zu stellen sind, und daraus entwickelte Einrichtungen beschrieben.

[18]) Kowarschik, Klin. Wo. 2 (1934) S. 1493.

[19]) J. Pätzold u. P. Wenk, erscheint demnächst in der Strahlentherapie.

[20]) Leistner und Schaefer, Klin. Wo. (1935) S. 899.

Geschlossene Aluminiumbäder.

621. 357. 13 : 669. 71

Louis Ferrand berechnet, daß bei der üblichen Aluminiumerzeugung durch Schmelzelektrolyse in offenen Wannen gegen 70 % der zugeführten Energie als Wärme an die Umgebung verlorengehen, und zwar hiervon fast zwei Drittel an der Oberfläche des Bades[1]). Deshalb kommt man bei den besten heutigen Bädern für 20 000 A nicht unter etwa 21 kWh je kg gewonnenes Aluminium. Noch größere Bäder zu 45 000 und 50 000 A sollen 18 und 17 kWh ergeben haben; aber Riesenbäder bieten noch manche Schwierigkeiten. Ferrand will nun das Bad durch einen Deckel schließen und hofft dadurch mit 11 kWh auszukommen. Außerdem kann das anodisch entwickelte Kohlenoxyd abgefangen und als Brenngas oder zur Methanolherstellung verwertet werden. Ferrand hat noch ein zweites Ziel. Die üblichen Bäder sind gegen Änderungen der Energiezufuhr sehr empfindlich, weil der Strom, welcher die Tonerde zerlegt, gleichzeitig durch die Joulesche Wärme das Bad auf rd. 950 ° halten soll. Unterhalb 920 ° gefriert die Schmelze und oberhalb 1000 ° wird die Metallausbeute wesentlich schlechter. Indem Ferrand unterhalb des Deckels und durch Röhren im Boden je nachdem heiße oder gekühlte Elektrolysengase leitet, kann er einerseits nach plötzlicher Stromunterbrechung die Bäder flüssig halten und anderseits die Bäder weit höher belasten, um reichere Stromlieferungen von Wasserkraftwerken in Zeiten guten Wassers auszunutzen. Sein 20 000 A-Bad könnte bis 50 000 A aufnehmen; freilich wird dann die Energieausbeute wegen der notwendigen starken Wärmeabfuhr sinken. Das Schließen des Bades bedingt Vorrichtungen, welche die Tonerde selbsttätig zuführen und im Bad verteilen. Pendeln der Kohlenanoden soll das Bad durchmischen, das Aufsteigen der Gasblasen erleichtern und den Strom gleichmäßiger über den Boden hin verteilen. Die Einrichtungskosten sind etwa 2½mal höher als bei offenen Bädern. Trotzdem hofft Ferrand, wenn außerdem der Tonerdepreis durch ein Verfahren von Séailles um 30 bis 40 % verbilligt wird, den Aluminiumpreis auf etwa 60 RM je 100 kg zu senken. *K. A.*

[1]) L. Ferrand, Rev. gén. Électr. 39 (1936) S. 259 u. 285.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 314. 27. **Die Steuerumrichter-Versuchsanlage im Saalachkraftwerk der Reichsbahn.** — Im ersten Teil behandelt M. Bosch eingehend die Theorie des Steuerumrichters sowie Entwicklung und Aufbau der ersten Umrichteranlage mit einer Leistung von 1000 kVA, die von den Siemens-Schuckertwerken im Reichsbahn-Saalachkraftwerk bei Bad Reichenhall zu Versuchszwecken erstellt und betrieben wurde[1]). Der Steuerumrichter stellt eine in seinem Aufbau einfache und sichere Lösung der Aufgabe dar, ein Einphasennetz (Bahnnetz) mit z. B. 16⅔ Hz von einem Drehstromnetz mit z. B. 50 Hz aus unter Verwendung nur ruhender Mittel, insbesondere von gesteuerten Stromrichtergefäßen, zu versorgen. Er erfüllt zwei grundsätzliche Forderungen einer neuzeitlichen, großen Bahnversorgungsanlage: Er gestattet sowohl die Alleinspeisung eines Bahnnetzes als auch das einphasenseitige Parallelarbeiten mit anderen Stromlieferern und stellt damit den ersten, in größerem Maßstab durchgeführten und gelungenen Versuch einer gleitenden Netzkupplung mittels Stromrichtern dar.

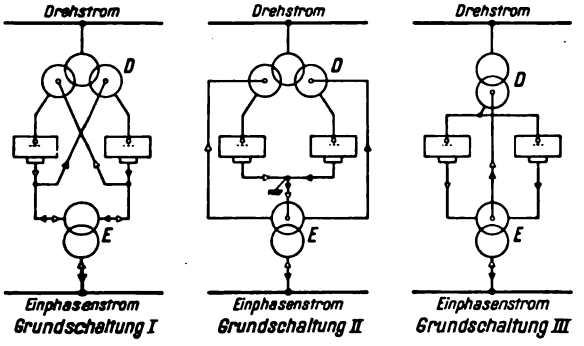


Abb. 1. Die drei Grundschaltungen.

Die Ventilwirkung der Stromrichtergefäße bedingt bei jedem Umrichterverfahren zwei Umrichterhälften, deren eine die eine Halbwelle und deren andere die andere Halbwelle des zu liefernden Wechselstromes abgibt. Die verschiedenen Möglichkeiten des Zusammenschaltens beider Umrichterhälften ergeben die drei in Abb. 1 dargestellten Grundschaltungen, die sämtlich bei den Versuchen erprobt wurden. Der Aufbau der Hauptstromkreise des Steuerumrichters ist namentlich bei der Grundschaltung *III* denkbar einfach, indem die drehstromseitige Speisung wie bei den üblichen Stromrichterschaltungen über einen Drehstromumspanner erfolgt, der sekundär ein symmetrisches Mehrphasensystem (in der Regel 12 Phasen) erzeugt, während einphasenseitig ein Einphasenumspanner mit in der Mitte angezapfter Primärwicklung vorgesehen ist.

Es ist die Aufgabe der Steuereinrichtung, die einzelnen Entladungsstrecken der Umrichtergefäße so zu steuern, daß aus der vorhandenen Anzahl von gleich großen, jedoch gegeneinander zeitlich verschobenen Anodenphasenspannungen Spannungsstücke herausgeschnitten werden, deren Aneinanderreihung eine niederfrequente Zackenlinie mit größtmöglicher Annäherung an die gewünschte Sinusform ergibt. Jede Umrichterhälfte erzeugt eine derartige zackenförmige, vollwellige Einphasenspannung. Je nach der augenblicklichen Richtung des Belastungsstromes übernimmt die eine oder die andere Umrichterhälfte die Stromlieferung und arbeitet bei positiven Werten der Anodenphasenspannungen als Gleichrichter, bei negativen Werten derselben als Wechselrichter, wobei eine Energieübertragung vom Drehstromnetz ins Einphasennetz bzw. umgekehrt vermittelt wird. Besondere Maßnahmen in der Steuereinrichtung (z. B. „Respektabstand") sorgen dafür, daß die beiden Umrichterhälften ordnungsgemäß und störungsfrei zusammenarbeiten. Die Glättung der zackenförmigen Spannungskurve zu einer vom Bahnbetrieb geforderten glatten Einphasenspannung geschieht mit Hilfe der in Stromrichteranlagen üblichen Glättungsmittel, z. B. von auf die Oberwellen abgestimmten, parallel zur Belastung liegenden Schwingungskreisen.

[1]) Siehe auch den nachfolgenden Bericht S. 870 d. Heftes.

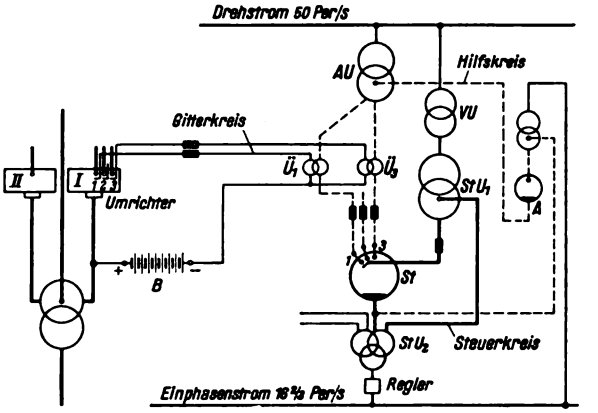


Abb. 2. Grundschaltung der Steuereinrichtung.

Das beim Steuerumrichter verwendete elektrische Steuerverfahren benutzt aus beiden zu kuppelnden Netzen entnommene und einander überlagerte Spannungen zur Steuerung der Gitter. Dieses Verfahren, das Entladungsgefäße mit unabhängigen und unveränderlichen Gitterzündspannungen voraussetzt, läßt sich nicht unmittelbar auf die Umrichtergefäße anwenden. Es werden daher besondere Steuergefäße *St* (vgl. Abb. 2) verwendet, die so gebaut und so belastet sind, daß ihre Gitterzündspannungen praktisch konstant und nahe dem Nullwert liegen und mit Hilfe der erwähnten Steuerspannungen gesteuert werden (Steuerkreis in Abb. 2). Die Anodenströme der Steuergefäße erregen je einen Übertrager *Ü* und erzeugen in dessen Ausgangswicklung einen Spannungsstoß, der die an den Gittern des Umrichters liegende Sperrspannung *B* überwiegt und die Zündung des Gitters herbeiführt (Gitterkreis). Das Steuerverfahren ist nicht auf ein bestimmtes Verhältnis der beiden Netzfrequenzen beschränkt; die Anlage arbeitet daher ebensowohl synchron (starr) als auch asynchron (gleitend). Den vom Drehstromnetz über den Steuerumspanner *St* U_1 entnommenen 50periodigen Steuerspannungen wird eine bestimmte, feste Nacheilung gegenüber den zugeordneten Anodenphasenspannungen der Umrichtergefäße erteilt. Damit erhalten wir eine lineare Abhängigkeit der ausgesteuerten Einphasenspannung von der über den Steuerumspanner *St* U_2 eingeführten 16⅔periodigen Steuerspannung, d. h. die erzeugte Einphasenspannung ist phasengleich und in ihrer Größe verhältnisgleich der in die Steuerung eingeführten, einphasigen Steuerspannung. Anderseits ist die Einphasenspannung unabhängig von den Schwankungen der Drehstromnetzspannung.

Daraus ergibt sich die einfache Regelung des Steuerumrichters: sie beschränkt sich auf die Beeinflussung der einphasigen Steuerspannung, die mit einfachsten Mitteln und mit geringem Leistungsaufwand vorgenommen werden kann (Regler in Abb. 2). Die einphasige Steuerspannung kann wahlweise vom Einphasennetz, das gekuppelt werden soll, oder von einem zu diesem Zweck aufgestellten kleinen Drehstrom-Einphasenstrom-Umformer geliefert werden, ersteres (Netzerregung) vorteilhafterweise im Netzkupplungsbetrieb, letzteres u. U. beim Alleinbetrieb des Umrichters. Die Netzerregung sichert von vornherein Frequenzgleichheit der ausgesteuerten Umrichterspannung mit der Einphasennetzspannung. Daraus ergibt sich die einfache Handhabung der Netzkupplung: Bei Nullstellung der Regler kann ohne weiteres parallel geschaltet werden; das bei Maschinenumformern notwendige „Synchronisieren" erübrigt sich. Die Regelung im Netzkupplungsbetrieb geschieht mit Hilfe von zwei, die einphasige Steuerspan-

Digitized by Google

nung beeinflussenden Reglern. Der Spannungs- und Blindlastregler verändert die Höhe der einphasigen Steuerspannung und gestattet eine Regelung der ausgesteuerten Einphasenspannung bzw. der Blindlastlieferung, der Wirklastregler gestattet die einphasige Steuerspannung und damit auch die erzeugte Einphasenspannung in ihrer Phase zu verändern und ermöglicht eine Regelung der übertragenen Wirkleistung.

Die übertragene Leistung ist unabhängig von Frequenzschwankungen der beiden Netze und von Schwankungen der Drehstrom-Netzspannung. Bei geeignetem Aufbau und zweckmäßiger Beeinflussung der Steuereinrichtung können andere störende Einflüsse praktisch ausgeschieden werden. Die übertragene Leistung ändert sich bei fester Reglerstellung nur noch mit der Einphasennetzspannung. Bei Kurzschlüssen im Einphasennetz stellt der netzerregte Steuerumrichter seine Leistungslieferung augenblicklich ein und übernimmt sie wieder bei wiederkehrender Einphasenspannung. Er beteiligt sich also nicht an der Speisung eines einphasenseitigen Kurzschlusses. Dieser ganz besondere Vorteil wurde durch die Betriebsversuche, bei denen zahlreiche Bahnkurzschlüsse auftraten, voll und ganz bestätigt.

Obwohl zum großen Teil behelfsmäßige Mittel beim Aufbau der nur für einen vorübergehenden Versuchsbetrieb vorgesehenen Anlage verwendet wurden, hat die Versuchsanlage die gestellten Erwartungen erfüllt und wertvolle Fingerzeige für die Ausbildung zukünftiger Anlagen ergeben. Seine Eignung sowohl für Alleinbetrieb als auch für Netzkupplung, einfache Wartung und denkbar einfacher Betrieb im Verein mit einem guten Wirkungsgrad sind besondere Vorzüge des Steuerumrichters. [M. Bosch, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 235.] *Vb.*

621. 314. 27 **Betriebs- und Meßergebnisse der Steuerumrichter-Versuchsanlage.** — Die Versuche mit der Umrichteranlage im Saalachkraftwerk begannen im Frühjahr 1933 und waren nach etwa 2½jähriger Dauer abgeschlossen[1]). Es wurden sämtliche Arbeitsbedingungen und Eigenarten des Umrichters untersucht, die für den elektrischen Zugbetrieb, aber auch für das speisende Drehstromnetz wesentlich sind.

Der Umrichter ist in der Lage, sowohl einen abgegrenzten Streckenabschnitt allein zu versorgen als auch in Parallelarbeit mit einem Bahnkraftwerk in das gesamte Fahrleitungsnetz zu speisen. Die erstgenannte Betriebsweise wurde zur Klärung grundlegender Fragen zunächst untersucht, und zwar bei wahlweisem Anschluß des Umrichters an die Drehstromerzeuger des Saalachkraftwerkes oder an ein leistungsfähiges Industrienetz. Der Umrichter speiste hierbei die steigungsreiche Strecke Bad Reichenhall—Berchtesgaden, auf der Zugfahrten mit Personen- und Güterzuglokomotiven verschiedener Gattungen stattfanden. In dieser Schaltung hatte der Umrichter schwankende Leistung mit Lastspitzen bis zu 1000 kVA zu liefern.

Von besonderer Bedeutung waren die Versuche bei Parallelarbeit im elastischen Betrieb. Hierbei war das Drehstromnetz, das eine Gesamtleistung von etwa 70 000 kVA hatte, mit dem Bahnnetz von etwa 110 000 kVA Gesamtleistung über den Umrichter gekuppelt. Da beim Umrichterbetrieb das Synchronisieren fortfällt, läßt sich das Parallelschalten des Umrichters und damit das Kuppeln der Netze sehr einfach und in wenigen Sekunden durchführen. Wirk- und Blindlast können gleichfalls in einfacher Weise beliebig geregelt oder auf gleichbleibende Werte eingestellt werden. Der Versuchsumrichter hat in dieser Schaltung Leistungen bis zu 900 kVA störungsfrei in das 16⅔ Hz-Bahnetz übertragen und alle Bedingungen erfüllt, die bezüglich seiner grundsätzlichen Arbeitsweise gefordert worden waren.

Die Versuche sollten weiterhin Aufschluß darüber geben, mit welchen Wirkungsgraden, Leistungs-, Verschiebungs- und Verzerrungsfaktoren man betriebsmäßig rechnen kann. Im allgemeinen stimmten die gemessenen Werte mit den auf Grund von Prüffeldversuchen und Berechnungen erwarteten gut überein. Es bestätigte sich insbesondere, daß der totale Leistungsfaktor auf der Drehstromseite im Mittel bei etwa 0,43 liegt. Sofern das Drehstromnetz nicht in der Lage ist, den verhältnismäßig hohen Blindleistungsbedarf zu decken, muß man also entsprechende Kondensatoren vorsehen.

[1]) Siehe auch den vorhergehenden Bericht S. 869 d. Heftes.

Ausgedehnte Messungen waren ferner notwendig, um die Rückwirkungen der Strom- und Spannungsverzerrungen auf der Drehstromseite sowie auf der Einphasenseite zu ermitteln. Der Umrichter entnimmt dem Drehstromnetz bekanntlich verzerrte Ströme, die außer starken Oberwellen auch ausgeprägte Unterwellen von 16⅔ Hz enthalten. Diese Ströme netzfremder Frequenz wirken auf die Spannungskurven des Drehstromnetzes um so stärker zurück, je kleiner die Leistungsfähigkeit des Drehstromnetzes im Verhältnis zu der vom Umrichter ins Bahnnetz abgegebenen Leistung ist. Bei einem Leistungsverhältnis unter 5 hielt sich der Verzerrungsgrad der Drehspannungen in erträglichen Grenzen.

Der Umrichter war zur Glättung der zunächst stark gezackten Einphasenspannung mit besonderen Schwingungskreisen ausgerüstet. Hierdurch konnte die Spannungskurvenform so verbessert werden, daß sich keine schädlichen Rückwirkungen auf das Bahnnetz, insbesondere auf die Fahrzeugmotoren und auf Schwachstromleitungen ergaben.

Obwohl die Versuchsanlage im Saalachkraftwerk teilweise nur mit behelfsmäßigen Mitteln aufgebaut war, hat sie doch in ihrer endgültigen Ausgestaltung eine verhältnismäßig hohe Betriebssicherheit erreicht. Diese wurde unter anderem durch Dauerproben und besondere Kurzschlußversuche unter Beweis gestellt.

Die Untersuchungen im Saalachkraftwerk ergaben eine Fülle von wertvollen Erkenntnissen, die für die weitere Entwicklung auf dem Gebiet der Umrichter von hoher Bedeutung sind. [Kasperowski, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 245.] *eb.*

Elektromaschinenbau.

621. 317. 762 : 621. 313. 018. 6 **Meßgerät zum Auswuchten von Maschinen in ihren eigenen Lagern.** — Die Möglichkeit, eine Maschine vor dem Zusammenbau auszuwuchten, ist sehr wichtig und wird viel benutzt. Trotzdem können beim Zusammenbau noch Verschiebungen auftreten, welche ein Wiederausbauen und ein nochmaliges Auswuchten des Läufers erfordern. In Schweden wurde nun auf stroboskopischer Grundlage ein sogenanntes Vibrometer entwickelt, welches mit einiger Übung auch sehr wohl bei zusammengebauten Maschinen verwendet werden kann. Eine Neonlampe wird von einem nach Art eines Handtachometers gebauten Unterbrechungsschalter vom Achsenende der zu untersuchenden Maschine aus mit Blinklicht versorgt, indem die Lampe bei jeder Umdrehung einmal kurzzeitig gezündet wird. Gespeist wird die Lampe aus einer 6 V-Batterie, welche durch einen kleinen Transformator mit Unterbrecher 1 kV liefert. Das Vibrometer selbst besitzt einen gehärteten Stahlstift, welcher sich gegen das Gehäuse der Maschine legt und die Erschütterungen auf einen Spiegel überträgt, der einen Lichtstrahl auf einer Skala hin- und herzittern läßt; die Breite des Lichtstrahls gibt mithin die Schwingungsweite an. Im gleichen Gehäuse befindet sich eine rote Neonlampe, welche ebenfalls von dem oben erwähnten Unterbrecher gespeist wird, so daß sich also ein roter Strich inmitten des weißen Vibrationsbandes zeigt. Die richtige Anwendung des Vibrometers bedarf noch einer Reihe von Gesichtspunkten, welche im einzelnen näher ausgeführt werden.

Als Anwendungsbeispiele werden einige Generatoren angeführt, welche nach diesem von Davey stammenden Verfahren ausgewuchtet wurden, nämlich eine 100 kW-Erregermaschine und zwei große Synchronmotoren, deren kritische Drehzahl bei 478 und deren Betriebsdrehzahl bei 500 lag. Man beobachtete damals noch weitere kritische Schwingungen unterhalb der kritischen Drehzahl. Es zeigte sich, daß das nichts anderes als die Eigenschwingung des 4,80 m starken Betonblocks waren, auf welchem die Maschine stand. Diese Schwingungen brauchten 10 min (!), bis sie durch die natürliche Dämpfung abgeklungen waren. Nach dem Auswuchten wurden übrigens auch diese Schwingungen nicht mehr beobachtet. Der vollständige Läufer wog 21,5 t und die Schwingungsweite ging durch das Auswuchten von ursprünglich 0,25 mm auf 0,013 mm zurück. Die anzubringenden Abgleichgewichte betrugen je 4,01 kg an einem Radius von 485 mm. Die auftretenden Schwingungen werden übrigens bei Berührung der Maschine mit der Hand in der Amplitude bedeutend überschätzt. [E. Grönkvist, Asea-J. 13 (1936) S. 34.]

Kur.

Digitized by Google

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 7. 083. 5 **Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung; Schleifdrahtverfahren.** — Die für Laboratoriumsmessungen und in besonderen Ausführungen (sog. technische Kompensatoren) auch für Messungen im Betrieb zur Anwendung kommenden Gleichstromkompensatoren werden von Hand abgeglichen, d. h. die zur Veränderung der Vergleichspannung dienenden Regelwiderstände sind durch den Beobachter so einzustellen, daß das Nullgalvanometer stromlos wird. Solche Verfahren sind bei Einzelmessungen, nicht aber in den im Betrieb häufig vorkommenden Fällen anwendbar, in denen die ohne Energieverbrauch nach dem Kompensationsverfahren zu messende Spannung fortlaufend angezeigt oder durch ein Schreibgerät aufgezeichnet werden soll. Hierfür eignen sich die mit selbsttätiger Abgleichung arbeitenden Gleichstromkompensatoren, die insbesondere bei Temperaturmessungen mit Thermoelementen oder Strahlungspyrometern als Relaisschreiber in weitem Umfang angewendet und auch bei Kompensations-Fernmeßeinrichtungen benutzt werden. Die diesen Kompensatoren zugrunde liegenden Meßverfahren können in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden:

1. Der Kompensationsmethode von Poggendorf und Du Bois-Raymond entsprechende Verfahren, bei denen die zu messende Spannung als stetig veränderbarer Widerstand einer als Spannungsteiler geschalteten Schleifdrahtanordnung abgebildet wird („Schleifdrahtverfahren").

2. Auf der Kompensationsmethode von Lindeck und Rothe beruhende Verfahren, bei denen die zu messende Spannung als stetig veränderbarer, auf einen Strommesser einwirkender Strom abgebildet wird („Strommesserverfahren").

W. Geyger beschreibt die bei den Schleifdrahtverfahren benutzten Meßschaltungen (Spannungsteiler-, Stromteiler-, Brücken- und Differenzschaltungen für Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessungen) und die Kompensationseinrichtungen (Kontaktgalvanometer, Fallbügel-, Bolometer- und Photozellenrelais, Nullgalvanometer mit Induktionsspule, Nullmikrophon mit Röhrenverstärker, Nullmotor). Anschließend werden die Eigenschaften der auf dem Schleifdrahtverfahren beruhenden Gleichstromkompensatoren (Empfindlichkeit und Meßbereich, Einstellgeschwindigkeit, Einflußgrößen, Meßgenauigkeit) kurz besprochen. Die Strommesserverfahren sollen in einer späteren Arbeit behandelt werden. [W. Geyger, Arch. techn. Mess. (1936) J 932-1.] *Eb.*

Beleuchtung.

621. 32 : 66/69 **Gutes Licht — Gute Arbeit.** — Über den Erfolg der vom Amt für Schönheit der Arbeit der Deutschen Arbeitsfront veranstalteten Werbung für gute Beleuchtung, die unter dem Motto „Gutes Licht — Gute Arbeit" im vergangenen Winter durchgeführt wurde, berichtete H. Steinwarz. Diese Gemeinschaftsarbeit, die von der DAF, der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft, der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrowirtschaft, den Elektrizitätswerken und der durch besonderen Erlaß des Reichsministers herangezogenen Gewerbeaufsicht durchgeführt wurde, hat in großem Maßstab weiteste Kreise unseres Volkes von der Notwendigkeit guter und zweckentsprechender Beleuchtung überzeugt. An 564 Schulungsabenden wurden die Amtswalter und Elektrofachleute als Träger der Aktion über die Bedeutung lichttechnisch richtiger Beleuchtungsanlagen unterrichtet. Zur Aufklärung der Allgemeinheit dienten 231 Großkundgebungen, die von insgesamt etwa 300 000 Volksgenossen besucht wurden. In 1470 Betriebsbesichtigungen wurden von den Gaureferenten Beleuchtungsmessungen durchgeführt, wobei festgestellt werden mußte, daß die Arbeitsplätze nur etwa ein Drittel bis zur Hälfte der als Norm (DIN 5035) von der DLTG angegebenen Beleuchtungsstärken aufweisen und außerdem meist nur unzureichender Schutz gegen Blendung vorhanden war. Besonders schlechte Beleuchtung wurde bei Behörden angetroffen, wo z. T. noch veraltete Vorschriften der Einführung einer dem heutigen Stande lichttechnischer Erkenntnis entsprechenden Beleuchtung entgegenstehen. In Gegenden, in denen große Industriewerke ihren Einfluß ausüben, war die Zahl der schlecht beleuchteten Betriebe geringer (etwa 72 %), während sie sonst etwa 90 % betrug. Es war erfreulich, festzustellen, daß den Veranstaltungen der Aktion überall großes Interesse entgegengebracht und auf die gegebenen Anregungen eingegangen wurde. Fast 600 der besichtigten Betriebe führten sofort Verbesserungen der Beleuchtungsanlagen durch, während 500 weitere Betriebe Verbesserungen im Laufe der nächsten Monate zusagten. Groß war auch das Interesse der Betriebsingenieure, für deren Mitarbeit von der DLTG im Verlauf der Aktion durch besondere Veranstaltungen geworben wurde. So sind allein in den beiden letzten Monaten des vorigen Jahres von der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft etwa 60 Vorträge vor dem NSBDT und den RTA-Vereinen in allen größeren Orten des Reiches gehalten worden. [H. Steinwarz, Vortrag Dtsch. Lichttechn. Ges. am 13. 2. 1936.] *Frh.*

Elektrowärme.

621. 364. 6 **Die elektrische Heizung der Formpressen.** — Bisher wurden die Formpressen mit Gas, Dampf oder Warmwasser geheizt. Die der Gasheizung anhaftenden Nachteile sind: schlechter thermischer Wirkungsgrad, die Schwierigkeit, eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu erhalten und die Gesundheitsschädlichkeit solcher Anlagen. Die Heizung mit Dampf oder Warmwasser ist gut, aber die Kosten für die Anschaffung und Wartung liegen hoch. Angesichts der Schwierigkeiten der genannten Heizungsarten befaßt man sich seit einigen Jahren mit der Heizung durch elektrische Widerstände. Sie bietet gegenüber den anderen Heizungsarten besondere Vorteile. Sie ist einfach, sauber und erlaubt eine gleichmäßige Temperaturverteilung. Die Überwachung der Temperatur ist einfach und ihr Wirkungsgrad gut. Es wird unterschieden, ob eine Presse in eine solche mit elektrischer Heizung umgebaut wird oder ob sie von Haus aus mit elektrischer Heizung hergestellt ist. In ersterem Falle wird es meist genügen, in die Platten Nuten von etwa 1 mm Tiefe zu fräsen, in die die Heizbänder gelegt werden können. Sie können nach Bedarf hinter- oder nebeneinander geschaltet werden. Für die Anschlüsse empfiehlt es sich, isolierte Kabel aus Monelmetall zu verwenden. Im zweiten Falle ist die Anordnung die gleiche, nur besteht der Vorteil, daß beim Einbau auf die alte vorhandene Heizung keine Rücksicht genommen zu werden braucht. Versuche haben gezeigt, daß ein Abstand zwischen den einzelnen Heizbändern von 80 mm genügt, um eine gleichmäßige Temperatur zu bekommen. Um etwa 750 ° C zu erreichen, genügt eine Belastung von 2 W/cm² Bandoberfläche. Die Temperatur wird mittels Thermometer und Relais oder Thermostaten geregelt. Als Beispiel für solche Pressen wird eine Vielfachpresse mit drei übereinander angeordneten Preßplatten mit einem Anschlußwert von 8 kW genannt. In die äußeren Platten sind je 2,5 kW, in die inneren 1,5 kW eingebaut. Eine Zweiplattenpresse hat einen Anschlußwert von 4 kW und eine weitere Vielfachpresse mit sechs Platten einen Gesamtanschlußwert von 12 kW. [M. Bonnemort, Rev. Chauf. electr. 4 (1936) S. 45.] *Kps.*

Verkehrstechnik.

621. 331 (7) **Elektrischer Betrieb auf der Strecke New York—Washington.** — Über bereits durchgeführte Elektrisierungen und Elektrisierungspläne der Pennsylvaniabahn, die mit ihrer Gesamtstreckenlänge von mehr als 43 000 km zu den größten Bahnsystemen der Welt zählt, wurde bereits berichtet[1]). Anfang des Jahres 1935 konnte der gesamte Personen- und Güterverkehr durchgehend zwischen New York und Washington elektrisch betrieben werden. Auf dieser etwa 590 km langen Strecke mit 2260 km elektrisierter Gleislänge verkehren täglich 686 Züge im durchgehenden Personen- und Güterverkehr. Über die gewählte Stromart und die Speisung der Strecke enthält der frühere Bericht genauere Angaben. Erwähnt sei noch, daß die 40 Umspannwerke, die in einem Abstand von etwa 13 km liegen, je 2 bis 4 Umspanner von je 4500 kVA, 132/12 kV bei 25 Hz enthalten. Mit Ausnahme von drei Werken sind sie als Freiluftstationen gebaut. Für die Speisung der Signalanlagen ist eine besondere Übertragungsleitung mit 6600 V und 100 Hz verlegt Stromlieferung erfolgt an fünf Stellen der Strecke über Frequenzwandler oder von besonderen Einphasengeneratoren aus öffentlichen Werken und einem bahneigenen Werk in Long Island. Von vier Stellen aus, in New York, Jersey City, Philadelphia und Baltimore, wird die Strom-

[1]) ETZ 55 (1934) S. 589.

Digitized by Google

verteilung überwacht. Bei den zuletzt fertiggestellten Streckenabschnitten wurde für die Hochspannungs-Übertragungsleitung längs der Strecke z. T. Stahlaluminiumseil verwendet, in Tunnels sind hierfür Ölkabel verlegt. Für die Querdrähte, Tragseile und Fahrdrähte der Fahrleitung in Vielfachaufhängung wurde Bronze als Werkstoff vorgesehen. An Fahrzeugen sind 100 Lokomotiven für den Personenverkehr, 64 Güterzug- und 28 Rangierlokomotiven sowie 388 Triebwagen mit 43 Anhängern vorhanden. Neuartig sind die Schnellzugslokomotiven der Bauart 2-Co+Co-2, deren vollständig geschweißter Aufbau in einer ansprechenden Stromlinienform ausgeführt ist. Diese Lokomotiven haben 6 Doppelmotoren von insgesamt 3450 kW Dauerleistung und erreichen Höchstgeschwindigkeiten von 145 km/h. Die mit Westinghouse-Antrieb ausgerüsteten Triebachsen und die Laufachsen haben Rollenlagerung. Neben den üblichen Schutzeinrichtungen für die elektrische Ausrüstung haben die Lokomotiven ein Relais, das bei bestimmten Drehzahlunterschieden dem Lokomotivführer das Schleudern einzelner Achsen optisch und akustisch anzeigt. Die Güterzuglokomotiven sind so eingerichtet, daß sie bei Bedarf zusammengekuppelt und von einem Führerstand aus gesteuert werden können. Sie haben ebenso wie die Triebwagen Tatzenlagermotoren. Alle Lokomotiven enthalten einen ölgefeuerten Dampfkessel für die Zugheizung und Einrichtungen für optische Anzeigung der Signalstellungen im Führerstand. [W. D. Bearce, Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 100 u. 139.] *Dtt.*

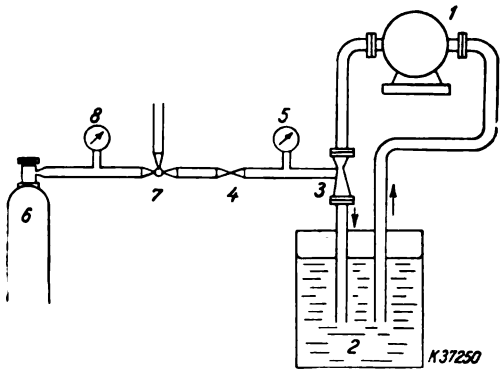
Elektrische Antriebe.

621. 34 : 621. 6 **Ein neues elektrisch betriebenes Sprudelbad.** — Die in der physikalischen Therapie zur Anwendung gelangenden gashaltigen Bäder können künstlich mit Hilfe chemischer oder mechanischer Verfahren hergestellt werden. Die Haltbarkeit von Gaszerteilungen in Flüssigkeiten ist unter sonst gleichen Bedingungen abhängig von der Feinheit der Gasblasen; ihre physiologische Wirkung ist wesentlich bedingt durch die Konzentration des in der Flüssigkeit gelösten Gases.

Das chemische Verfahren zur Herstellung gashaltiger Bäder, z. B. Kohlensäurebäder, beruht darauf, daß durch Zusatz einer Säure zum Badewasser, in dem ein kohlensaures Salz gelöst ist, Kohlensäure entwickelt wird. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt in der korrodierenden Wirkung der Säure auf Metallwannen. Bei dem mechanischen Verfahren wird die Kohlensäure durch ein Diaphragma ins Wasser eingeleitet oder das Wasser in einem besonderen Druckbehälter mit Kohlensäure imprägniert. Sowohl die chemischen als auch die mechanischen Verfahren haben den Nachteil, daß das Gas nur grob zerteilt wird und daher schnell aus dem Wasser entweicht.

Die mechanischen Verfahren zur Herstellung von Gaszerteilungen in Flüssigkeiten lassen sich grundlegend verbessern, wenn man während des Zerteilungsvorganges Unterdruck anwendet, der unmittelbar nach der Zerteilung wieder durch höheren Druck abgelöst wird. Die Zerteilung kann hierbei mit einem beliebigen Zerteiler, z. B. poröse Masse, Rührwerk, Desintegrator, Venturidüse usw., vorgenommen werden. Der Zerteiler liefert bei Verwendung unter Atmosphärendruck Gasblasen, deren Größe gegeben ist durch die geometrische Beschaffenheit des Zerteilungsmechanismus sowie durch Geschwindigkeit und Sondereigenschaften des die Gasblasen aufnehmenden flüssigen Mittels, des sog. Dispersionsmittels. Wird während des Zerteilungsvorganges Unterdruck angewandt, z. B. $^1/_{100}$ at, so vermag der Zerteiler zwar auch nur Gasblasen von einer durch die vorhin angeführten Faktoren gegebenen Größe herzustellen; aber diese Gasblasen werden, wenn man dafür sorgt, daß unmittelbar nach der Zerteilung wieder normaler Druck hergestellt wird, im Verhältnis 1 : 100 zusammengedrückt. Der Oberflächendruck, unter dem die Gasblasen stehen, wirkt in derselben Richtung, so daß der resultierende Durchmesser der Blasen um Größenordnungen kleiner ist als bei Betrieb des Zerteilers unter Normaldruck.

Eine Anordnung mit einem einstufigen Zerteiler, der ein kinetisches Vakuum erzeugt, zeigt die Abb. 3. Wegen der Einfachheit in der Bedienung wurde diese Anordnung für die Konstruktion des elektrischen Sprudelbades gewählt. In Abb. 3 bedeutet *1* eine Pumpe, die das Wasser im Behälter *2* in der Pfeilrichtung im Umlauf bewegt. In der Druckseite ist ein als Injektor wirkender Zerteiler *3* eingebaut, der ein kinetisches Vakuum erzeugt, das mit einem Drosselventil *4* eingestellt und an einem Vakuummeter *5* abgelesen werden kann. Das zu zerteilende Gas strömt aus einer Gasbombe *6* dem Zerteiler zu. Die Angaben des Vakuummeters sind ein relatives Maß für die Feinheit der Gaszerteilung, und zwar sind



1 Förderpumpe *4* Drosselventil *7* Dreiwegehahn
2 Dispersionsmittel *5* Vakuummeter *8* Druckmesser
3 Zerteiler *6* Gasbombe

Abb. 3. Einstufige Zerteilungsanordnung mit kinetischem Vakuum.

die Gasbläschen um so feiner, je größer der Unterdruck ist. Die Menge des zu zerteilenden Gases steht im umgekehrten Verhältnis zur Feinheit der Zerteilung, da der Unterdruck im Zerteiler mit zunehmender Drosselung des Ventils *4* wächst. In der Saugleitung des Zerteilers ist noch ein Dreiwegehahn *7* vorgesehen, so daß man bei jedem durch das Drosselventil einstellbaren Unterdruck Gas aus der Bombe oder Außenluft ansaugen kann. [M. Bötzkes, AEG-Mitt. (1936) S. 155.] *S. B.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

551. 594. 221 **Das Abspringen des Blitzes aus seiner ursprünglichen Bahnlinie.** — Blitzphotographien mit bewegter Kamera zeigen öfter, daß der Blitz von seiner ursprünglichen Bahnlinie abspringt, obwohl die zweite Entladung so kurz nach der ersten folgt, daß die Leitfähigkeit dieser Linie noch ganz beträchtlich ist. Die Erklärung liegt nach B. Walter in der Zahl und Beschaffenheit der durch die Gewitterwolke erzeugten Influenzladungen. Der Blitz springt nur dann ab, wenn wenigstens zwei solche Influenzladungen auf der Erde oder einer benachbarten Wolke vorhanden sind. Liegen beide Influenzladungen auf der Erde, so muß angenommen werden, daß die Leitfähigkeit des Erdbodens nicht ausreicht, um die entfernteren Teile der Ladung rasch genug zu der ersten Einschlagstelle zu leiten. Ebenso erklärt sich auch ein Zurückspringen auf die erste Bahnlinie. [B. Walter, Ann. Physik 25 (1936) S. 124.] *Br.*

Chemie.

620. 19 : 669. 71 **Wirksamer Korrosionsschutz durch Eloxalschichten auf kupferhaltigen Aluminiumlegierungen.** — An Hand von Versuchen wird nachgewiesen, daß die auf kupferhaltigen Aluminiumlegierungen erzeugten Eloxalschichten einen ausgezeichneten Korrosionsschutz bieten. Zur sachgemäßen Durchführung des Eloxalverfahrens gehört auch die Abdichtung der in den Eloxalschichten stets vorhandenen Mikroporen, die durch Einreiben der Schicht mit geeigneten Ölen, Wachsen u. dgl. oder durch Behandlung nach einem der sog. Sealing-Verfahren erfolgt. In dieser Weise geschütztes Duralumin widerstand dem Angriff von Kochsalzlösungen im Sprühgerät oder im Wechseltauchgerät: Nach sechs Monaten waren keinerlei Korrosionserscheinungen festzustellen. Damit ist die in einer früheren Veröffentlichung[1]) geäußerte Meinung, die Eloxalschichten auf kupferhaltigen Aluminiumlegierungen böten keinen ausreichenden Korrosionsschutz, widerlegt. [A. Jenny, Aluminium 18 (1936) S. 97.] *eb.*

[1]) Aluminium 17 (1935) S. 373.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Röhrenregler für Zähler-Eichstationen.

Von **Herbert Hauke**, Berlin.

621. 317. 785. 089. 6 : 621. 383. 077

Übersicht. Ausgehend von dem Grundschaltbild der Elektronenröhre im Zusammenhang mit Gleichstrom-Widerstands- und Kaskadenverstärker wird das Schaltbild des Röhrenreglers entwickelt. Weiter wird, eingehend auf die Drehstromsymmetrierung, ein Drehstrom-Röhrenregler mit Ableitung des Vektorendiagrammes erläutert. Durch den BEWAG-Eichbetrieb und an Hand des Schaltbildes für die gesamte Stromversorgung desselben wird ein Einblick in eine größere röhrengesteuerte Maschinenanlage gegeben*).

Der Röhrenregler stellt in bezug auf Empfindlichkeit und Trägheitslosigkeit verglichen mit den anderen selbsttätigen Reglern die Spitzenleistung der Technik dar. Durch die Elektronenröhre ist dem Techniker ein Konstruktionsglied in die Hand gegeben, das den Relais oder Solenoiden als Empfindlichkeitsindikator bei weitem überlegen ist.

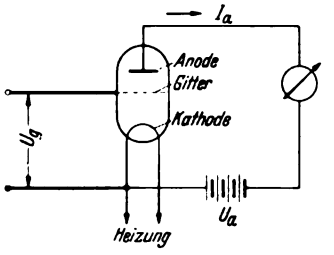


Abb. 1. Schaltbild der Elektronenröhre.

Die große Bedeutung der Elektronenröhre liegt in der Möglichkeit, mit kleinen Ursachen große Wirkungen hervorzurufen, oder besser, technischer gesagt, mit geringen elektrischen Leistungen hohe elektrische Leistungen zu steuern. Damit hat die Elektronenröhre ihren Siegeszug auf dem gesamten Gebiet der Technik gemacht.

Die theoretischen Vorarbeiten, die Elektronenröhre zur Konstanthaltung von Maschinenspannungen zu benutzen, gehen bis ungefähr auf das Jahr 1921 zurück. Heutzutage sind die Röhrenregler als Feinregler zur Konstanthaltung von Spannungen, Strömen und der Drehzahl von Motoren in ihrer Konstruktion so vollwertig, daß sie in Laboratorien, in der Meßtechnik allgemein und insbesondere in Zählereichräumen nicht mehr zu missen sind.

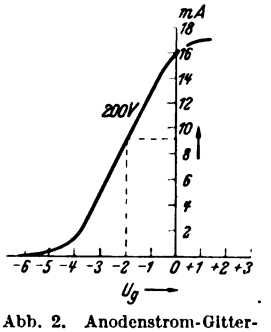


Abb. 2. Anodenstrom-Gitterspannungs-Kennlinie der Elektronenröhre.

Ist es doch für einen Eichraum, der die Messung der Elektrizitätszähler — um die größte Meßgenauigkeit zu erzielen — mittels Meßinstruments und Stoppuhr vornimmt, nicht nur von großer Annehmlichkeit, sondern auch von wirtschaftlichem Vorteil, während der Messung der Zähler mit einer Konstanz der eingestellten Leistung rechnen zu können. Wenn man also einen Röhrenregler zur Konstanthaltung der Spannung in einem Eichraum verwenden will, so muß die Empfindlichkeit innerhalb der Genauigkeit der verwendeten Meßinstrumente liegen. D. h. daß bei einer Genauigkeit von 0,1 % vom Skalenendwert eines Präzisionsinstrumentes der Klasse 0,1 der Röhrenregler diese Genauigkeit mindestens bei einer Strom- oder Spannungsschwankung ausregeln muß. Bei der Messung von Wechselstromzählern liegen die Verhältnisse noch anders, da die Netzspannung transformatorisch einerseits für die benötigten Ströme und anderseits für die benötigten Spannungen zur Messung der Zähler umgeformt wird. Es wird sich also eine Netzspannungsschwankung 1. auf die eingestellte Spannung und 2. auf den eingestellten Strom im Wattmeter bemerkbar machen. Bedeutet z. B. $\Delta U\,\%$ die Netzspannungsänderung, so beträgt die Änderung $\Delta W\,\%$ am Wattmeter:

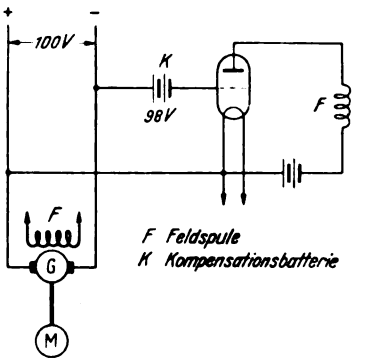


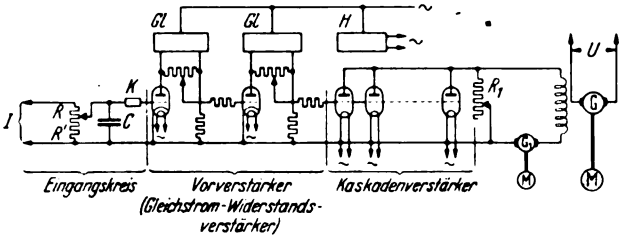
Abb. 3. Grundschaltung des Röhrenreglers.

$$\Delta W\,\% = \Delta U\,\% \left(2 + \frac{\Delta U\,\%}{100}\right).$$

Vernachlässigt man in dem Klammerausdruck den Wert $\frac{\Delta U\,\%}{100}$, da ΔU höchstens in der Größenordnung von einigen Prozenten liegt, so ist:

$$\Delta W\,\% \approx 2\,\Delta U\,\%.$$

D. h. also, daß bei einer Änderung der Netzspannung von 1 % sich das Wattmeter bereits um 2 % in seinen Angaben ändert. Bei einer Empfindlichkeit von 0,5 ‰, wie sie von Röhrenreglern erreicht wird, würde also ein Meßinstrument, eingestellt auf einen Skalenausschlag von 100 Teilstrichen, bei einer Spannungsschwankung auf 0,05 Teilstriche und ein Wattmeter auf 0,1 Teilstriche ausgeregelt werden.



I	Indikatorleitung	*H*	Umspanner für die Heizspannungen
R, *R'*	Eingangsteiler	*C*	Siebkondensator
R_1	Regelwiderstand	*K*	Kompensationsbatterie
U	Klemmspannung, geregelt	*Gl*	Gleichrichter für die Anodenspannungen des Vorverstärkers
G_1	Generator für die Erregung		

Abb. 4. Grundschaltbild eines Gleichstrom-Röhrenreglers.

Bei der Regelgeschwindigkeit spielen, da die Elektronenröhre trägheitslos ist, nur die Zeitkonstante, gebildet durch die Siebketten des Eingangskreises (s. Abb. 4), und der Scheinwiderstand der Feldwicklung des Generators eine Rolle. Die Regelgeschwindigkeit liegt innerhalb 0,2 s und

*) Nach einem Vortrag vor den VDE-Jungingenieuren am 15. 4. 1936.

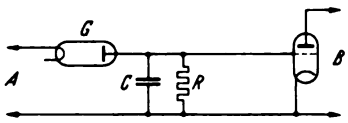
Digitized by Google

ist für einen großen Zählereichbetrieb, bei dem durch die große Eicherzahl das Ein- und Ausschalten der einzelnen Stationen zeitlich sehr kurz sein kann, von unbedingtem Vorteil.

Damit wären die an einen Röhrenregler für Zählereichstationen gestellten und auch erfüllten Forderungen kurz genannt, und nun soll auf die Wirkungsweise und den Aufbau eingegangen werden.

Wirkungsweise des Röhrenreglers.

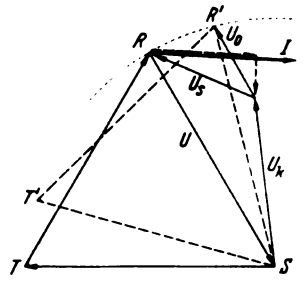
Betrachtet man zunächst das Hauptkonstruktionsglied, die Elektronenröhre oder auch Dreipolröhre genannt, bestehend aus Kathode, Gitter und Anode in der in Abb. 1 dargestellten Schaltung, so stellt die Röhre zwischen Kathode und Anode einen regelbaren ohmschen Widerstand dar, der von einem Grenzwert bis Unendlich durch eine auf das Gitter wirkende Spannung (U_g) geregelt werden kann. Die Abhängigkeit zwischen diesem Widerstand oder, von einer festen Anodenspannung (U_a) ausgehend, zwischen dem Anodenstrom (I_a) und der Gitterspannung (U_g) ist die Kennlinie der Röhre (Abb. 2). Diese Kennlinie zeigt, daß z. B. bei einer Gitterspannung von -2 V ein Anodenstrom von etwa 9 mA bei einer Anodenspannung von 200 V fließt. Anderseits zeigt der Verlauf der Kennlinie, daß man im sog. geraden Teil arbeiten muß, um eine Proportionalität zwischen Gitterspannungsänderung (ΔU_g) zur Anodenstromänderung (ΔI_a) zu haben.



A Indikatorleitung
B zum Verstärker
C Kondensator
G Gleichrichterrohr
R Entladewiderstand

Abb. 5. Eingangskreis eines Wechselspannungs-Röhrenreglers.

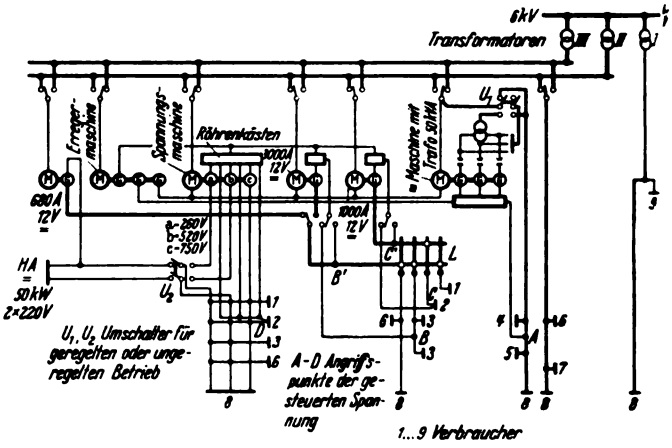
Schaltet man nun die gegebene Sollspannung einer Anodenbatterie der konstantzuhaltenden Spannung entgegen und steuert durch die auftretende Spannungsänderung über Kathode und Gitter der Elektronenröhre den Erregerstrom des Generators, so hat man die Grundschaltung des Röhrenreglers (Abb. 3). Beträgt z. B. die Sollklemmenspannung des Generators 100 V und die Spannung der Kompensationsbatterie 98 V, so wird durch die am Gitter der Röhre wirkende Spannung von -2 V ein Anodenstrom von etwa 9 mA fließen, der gerade der Strom sein soll, der die Klemmenspannung des Generators von 100 V und so den Gleichgewichtszustand des Reglers bildet. Sinkt nun durch Hinzuschalten einer Belastung die Klemmenspannung, so wird die Spannung am Gitter der Röhre positiver; der Feldstrom steigt (Abb. 2) und damit auch die Klemmenspannung, bis der Gleichgewichtszustand wieder erreicht ist. Ähnlich spielt sich der Regelvorgang bei der Abschaltung einer Belastung ab.



R–S–T Solldreieck
R'–S–T' ausgeregeltes Dreieck
U Sollspannung
I Belastungsstrom
U_s Streuspannungsabfälle
U_k Klemmenspannung
U_0 Zusatzspannung

Abb. 7. Vektorendiagramm des Drehstrom-Röhrenreglers.

Damit wäre der grundsätzliche Aufbau des Röhrenreglers erklärt; die nunmehr folgenden weiteren Ergänzungen liegen auf dem Gebiete der Röhren- bzw. Verstärkertechnik und werden noch durch die praktischen Verhältnisse bedingt.

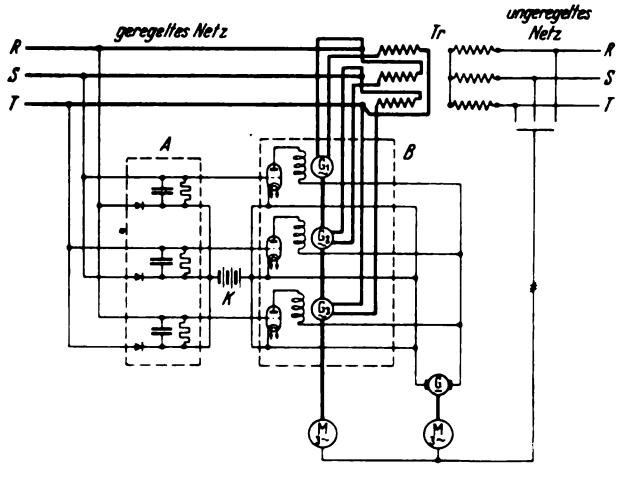


1. Stromquellen:
   I Transformator 160 kVA, 3×220/380 V (für Licht)
   II Transformator 125 kVA, 3×127/220 V
   III Transformator 100 kVA, 3×127/220 V
2. Verbraucher:
   1 Bahnzähler-Gleichstrom-Eichstation
   2 Feinmeßraum
   3 Gleichstrom-Eichstationen
   4 Wechselstrom-Eichstationen
   5 Drehstrom-Eichstationen
   6 Zähler-Neu- und -Nachprüfung
   7 Meßwandler-Prüfraum
   8 Laboratorium
   9 Beleuchtung, Warmwasserspeicher usw.
3. allgemeine Bezeichnungen:
   L Linienwähler
   U_1 Umschalter für den geregelten oder ungeregelten Drehstrom
   U_2 Umschalter für den geregelten oder ungeregelten Gleichstrom

Knotenpunkte, die an die Steuer- bzw. Indikatorleitungen der röhrengesteuerten Maschinen angeschlossen sind:

A von der Drehstrommaschine
B, B' von der 3000 A-Maschine
C, C' von der 1000 A-Maschine
D von den Spannungsmaschinen 260 V, 520 V und 750 V

Abb. 8. Schaltung der gesamten Stromversorgung des Zählereichraumes.



A Eingangskreis
B Röhrenteil
G_1 bis G_3 Zusatzgeneratoren
K Kompensationsbatterie
Tr Trafo Λ/Δ

Abb. 6. Grundschaltbild eines Drehstrom-Röhrenreglers.

Abb. 4 zeigt das Grundschaltbild eines Gleichstrom-Röhrenreglers mit dem Eingangskreis, gebildet von der Kondensatorwiderstandskette zur Unterdrückung von auftretenden Störwechselspannungen, ferner die Anoden- bzw. Kompensationsbatterie, weiter einen zweistufigen Gleichstrom-Widerstandsverstärker zur Erreichung der nötigen Empfindlichkeit und schließlich den Kaskadenverstärker, gebildet durch Parallelschalten von Röhren zur Erzielung des nötigen Fremderregerstromes zur Regelung der Generatorspannung. Die Röhren des Widerstandsverstärkers werden zur Unterdrückung der Beeinflussung durch Heiz-

Digitized by Google

stromschwankungen indirekt geheizt. Der Widerstand (R_1) ist zum gesteuerten Erregerstrom parallel geschaltet; er läßt nur den Teilstrom durch den Verstärker, der für die Ausregelung bei der größten Spannungsschwankung notwendig ist.

Handelt es sich um Wechselspannungen, so muß in dem Eingangskreis des Vorverstärkers noch ein Gleichrichterrohr vorgesehen werden. Abb. 5 zeigt den Indikatorkreis eines Wechselspannungsreglers, bei dem der Kondensator C über das Gleichrichterrohr aufgeladen wird, und durch den Entladewiderstand R stellt sich eine Gleichspannung am Kondensator ein, die nahezu gleich dem Scheitelwert der Wechselspannung ist. Hat die Wechselspannung stark veränderliche Oberwellen, so muß für besondere Aussiebungen im Indikatorkreis gesorgt werden.

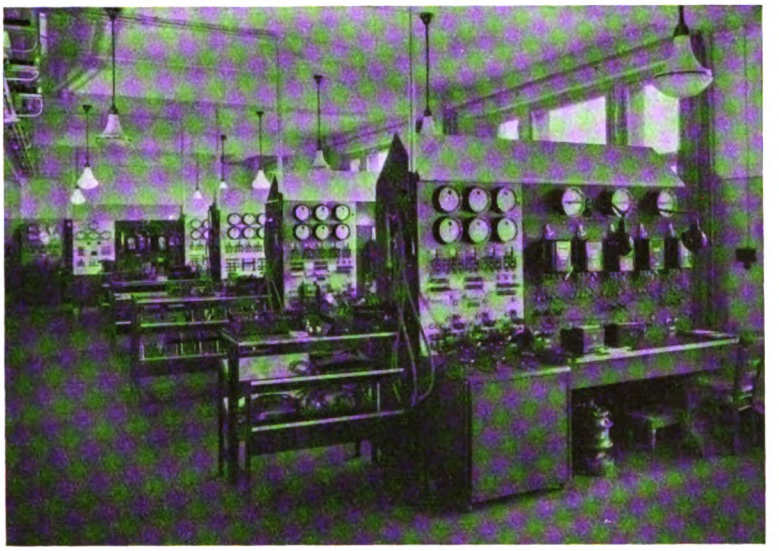


Abb. 9. Drehstrom-Eichraum.

Da aber im Zählereichraum Röhrenregler für Wechselspannungen weniger benötigt werden, sei näher auf die Drehstrom-Feinregler eingegangen. Man kann hier von der Regelung der Phasen- oder verketteten Spanungen ausgehen. Hält man die verketteten Sapnnungen konstant und schaltet sie so zu einem gleichseitigen Dreieck zusammen, so hat man dadurch gleichzeitig eine Symmetrie der Phasen- und verketteten Spannungen erreicht, die zur Messung der verwendeten Kunstschaltungen von Drehstrom-Blindverbrauchszählern und Überschuß-Blindverbrauchszählern usw. notwendig ist. Geht man von der Konstanthaltung der Phasenspannungen aus, so muß diese in Größe und Phasenlage zueinander konstant gehalten werden, um wiederum anderseits die Symmetrie der Phasen- und verketteten Spannungen zu gewähren. Hier sei auf die Zusammenschaltung der verketteten Spannungen eingegangen, da über die andere Lösung bereits an dieser Stelle berichtet wurde[1]).

Abb. 10. Gleichstrom- und Wechselstrom-Eichraum.

Ausgehend von der Konstanthaltung der verketteten Spannungen benutzt man einen Stern-Dreieck-Transformator, bei dem im Sekundärteil in den einzelnen Dreieckseiten Zusatzgeneratoren, gesteuert durch einen dreiphasigen Röhrenregler, geschaltet sind, die die Spannungsschwankungen ausgleichen. Es ergibt sich dann das Grundschaltbild Abb. 6. Die drei Zusatzgeneratoren G_1, G_2 und G_3 sind, angetrieben durch einen Synchronmotor, mit ihren Polrädern und damit mit ihrer Klemmenspannung um 120 elektrische Grade zueinander versetzt und geben, gesteuert durch den Röhrenregler, zu der Transformatorenspannung eine sich geometrisch addierende regelbare Zusatzspannung ab (Abb. 7). Stellt RST das Solldreieck mit den verketteten Spannungen RS, ST und TR dar, so fließt durch die einseitige Einschaltung eines komplexen Widerstandes, der eine Wirk- und eine Blindkomponente hat, der zu RS phasenverschobene Belastungsstrom I, der die Streuspannungsabfälle U_s bildet. Es ergibt sich dann ohne Regelung eine Klemmenspannung von U_k. Jedoch durch die Einwirkung der Vergleichsspannung, die man in ihrer Sollgröße sich durch den geometrischen Ort eines Kreisbogens denken kann, der in S seinen Mittelpunkt hat, wird anderseits eine Zusatzspannung U_0 gebildet, die parallel zu RS (die Ankerrückwirkung durch den Belastungsstrom I in dem Zusatzgenerator sei vernachlässigt) die Größe erreicht, die den Schnittpunkt R' gibt. $R'ST'$ zeigt das neue ausgeregelte Dreieck, das gegenüber dem alten sich nur räumlich gedreht hat.

Um nun besonders die Anwendung und Bedeutung des Röhrenreglers in einem größeren Zählereichbereich zu erkennen, sei der Zählereichraum der Berliner Kraft- und Licht- (BEWAG) Aktiengesellschaft etwas ausführlicher geschildert.

Zählereichraum der BEWAG.

Bei der Einrichtung des neuen Zählereichraumes der BEWAG mußten die Maschinenräume im Keller untergebracht werden, während die Eichstationen und anderen Meßstellen im vierten Stockwerk angeordnet wurden. Hierdurch entstanden ganz erhebliche Leitungslängen, die für die auftretenden Spannungsabfälle unangenehm sind. Hier ist der Röhrenregler der Helfer, der mit seiner Indikator- bzw. Steuerleitung an dem Knotenpunkt der Leitung in unmittelbarer Nähe der Belastungsstelle angreift, d. h. an der Stelle, an welcher die Konstanthaltung der Spannung für den einzelnen Verbraucher am günstigsten liegt. Damit wird nicht nur der Spannungsabfall der von diesem Knotenpunkt zum Keller führenden Leitung kom-

[1]) ETZ 56 (1935) S. 1069 u. 1095.

Digitized by Google

pensiert, sondern die einzelnen auftretenden Spannungsabfälle, hervorgerufen durch Belastungsschwankungen, werden in ihrer Größenordnung klein gehalten, da nur die Leitungslänge von der Verbrauchsstelle bis zum gewählten Knotenpunkt in Rechnung tritt.

Besonders im BEWAG-Eichbetriebe, der in seinem Versorgungsgebiet außer den Wechsel- und Drehstromzählern noch erheblich viel Gleichstrom und auch Gleichstrom-Bahnzähler (d. h. Zähler mit ziemlich großer Nennstromstärke bis etwa 4000 A) hat, wird eine Gleichstromquelle mit großer Leistung gefordert. Im Zusammenhang mit dem gesamten Eichbetrieb, dem Feinmeßraum und dem Versuchsraum stehen folgende röhrengesteuerte Maschinen zur Verfügung:

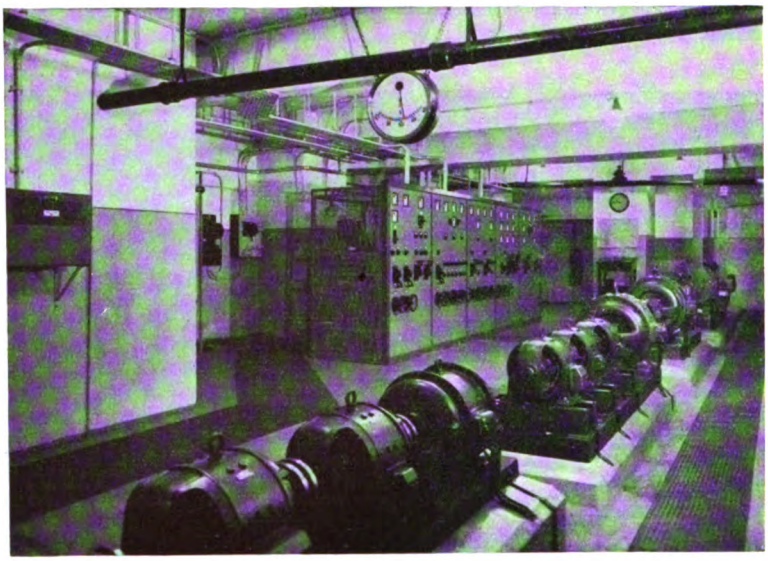


Abb. 11. Röhrengesteuerte Maschinenanlage.

1. 3000 A, 12 V für Gleichstrom-Zählereichungen.
2. 1000 A, 12 V für den Feinmeßraum.
3. 260 V, 520 V und 750 V Gleichspannungen.
4. 3 × 220 V (50 kVA) Drehstrom für Zählereichungen.

Außerdem sind noch folgende Netzspannungen ungeregelt vorhanden:

1. 2 × 220 V Gleichstrom.
2. 3 × 127/220 V Drehstrom.
3. 3 × 220/380 V Drehstrom.

Ein Batteriebetrieb für 3000 A bzw. 1000 A würde bei den vorhandenen Leitungslängen und den im Eichbetrieb aufkommenden Stromschwankungen von etwa 100 bis 3000 A die Eichtätigkeit sehr stark behindern.

Bei der Planung für die Stromversorgung des Zählereichraumes ging man davon aus, daß

1. ein 6 kV-Drehstrom-Hochspannungsanschluß geschaffen wurde und
2. ein vorhandener Gleichstrom-Hausanschluß 2 × 220 V wohl mitbenutzt aber nicht erheblich belastet werden durfte.

Damit ergab sich besonders für die röhrengesteuerte Maschinenanlage:

1. ein Synchronmotorantrieb der einzelnen Generatoren;
2. eine Verwendung von Compoundmaschinen für den Gleichstrom-Hochstrom;
3. ein Erregerzusatzumformer zur Erzeugung der benötigten Gleichstromspannungen, und zwar:
   a) für die Synchronmotoren,
   b) zur Erregung der Hochstromgeneratoren und der Gleichspannungsgeneratoren 260 V, 520 V und 750 V,
   c) zur Erregung der Zusatzgeneratoren für die Drehstromanlage;
4. die Röhrenheizung und die benötigten Anodenspannungen können für die einzelnen Verstärker vom geregelten oder ungeregelten Drehstromnetz entnommen werden.

Für den Gleichstrom-Eichbetrieb darf aber nicht der Nachtbetrieb zur Nachprüfung der Zähler außer acht gelassen werden. Ein kleiner Umformer (680 A) und der Gleichstrom-Hausanschluß sorgen hier für den Gleichstrom. Für die Nachprüfung der Wechsel- und Drehstromzähler wird das Drehstromnetz herangezogen. Es ergibt sich dann im Zusammenhang mit den eingangs geschilderten Verhältnissen für die gesamte Stromversorgung des Zählereichraumes das Schaltbild Abb. 8, aus dem zu erkennen ist, daß die zwei Umspanner (*III* mit 100 kVA und *II* mit 125 kVA Leistung) die gesamte Eichenergie über zwei Sammelschienen liefern. *A* bis *D* sind die einzelnen Knoten- bzw. Angriffspunkte für die Indikatorleitungen, wobei der Steuerpunkt für den 3000 A- (Knotenpunkt *B*, *B'*) und der Steuerpunkt für den 1000 A-Generator (Knotenpunkt *C*, *C'*) wahlweise umgeschaltet werden kann, um den jeweiligen Betriebsvorkommnissen in Verbindung mit dem Linienwähler *L* Rechnung zu tragen.

Die Abb. 9 gibt einen Einblick in den Drehstrom-Eichraum und die Abb. 10 den Gleichstrom- und Wechselstrom-Eichraum. Die röhrengesteuerten Maschinensätze für die Stromversorgung der Zählereichstation zeigt die Abb. 11.

Im Verhältnis zu dem gesamten Umfang der Maschinenanlage ist die Wartung bzw. Bedienung verhältnismäßig gering. Durch eine zentrale Anordnung aller benötigten Schaltorgane und Meßinstrumente auf den einzelnen Schalttafelfeldern der entsprechenden Maschinensätze und durch eine linienmäßige Aufteilung der Schalter und Instrumente unter dem Begriff Motor—Generator—Röhrenteil ergibt sich ein übersichtliches und einfach zu bedienendes Schaltfeld. Die Wartung der gesamten Maschinenanlage fordert keine dauernde Beaufsichtigung. Es ist nur ein Betriebsmonteur mit der Wartung und Ölung der Lager der Maschinen beauftragt, der in gewissen Zeitabständen in den Maschinenraum geht. Die röhrengesteuerten Maschinen werden ½ h vor Arbeitsbeginn in Betrieb gesetzt und laufen 8 h. Nach Arbeitsschluß werden für den Nachtbetrieb und besonders für die Gleichstrom-Zählernachprüfung die notwendigen Umschaltungen vorgenommen und die Röhrensteuerung stillgelegt.

Zusammenfassung.

Die Anwendung von röhrengesteuerten Maschinensätzen wird bei der Eichung von Elektrizitätszählern gezeigt und die dabei zu fordernde Empfindlichkeit des Röhrenreglers abgeleitet. Die kurze Beschreibung des Zählereichraumes der BEWAG zeigte die vorteilhafte Anwendung der Röhrensteuerung, die besonders dann zu empfehlen ist, wenn die Stromquellen von dem Eichraum weiter entfernt aufgestellt werden müssen.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Ausschuß für Errichtungsvorschriften I.

Elektrische Einrichtungen für die Unterkunftsbaracken des Reichsarbeitsdienstes.

Die Baracken in den Lagern des Reichsarbeitsdienstes sind Bauwerke, die nur vorübergehend an einem Ort verbleiben und nach Beendigung der Arbeiten an einer Baustelle zerlegt und an anderer Baustelle wieder aufgebaut werden können; sie sind also keine „ortsfesten" Bauwerke.

In Anpassung an diese Verwendung sind die Unterkunftsbaracken zerlegbar ausgeführt. Mit Rücksicht auf die Einheitlichkeit und Austauschbarkeit der einzelnen Einheiten untereinander hat der Reichsarbeitsdienst bestimmte Normen für diese Baracken aufgestellt. Die Eigenheiten in der Konstruktion dieser Bauwerke haben sich zwangläufig auch auf die in ihnen installierten elektrischen Anlagen ausgewirkt. Diese mußten so vorgesehen werden, daß Materialverluste auf das äußerste beschränkt bleiben und die Grundbedingungen hinsichtlich der leichten Zerlegbarkeit und Austauschbarkeit nicht eingeschränkt werden. Auch hier hat nach eingehender Prüfung der Verhältnisse eine Normung der elektrischen Installation seitens des Reichsarbeitsdienstes mit Zustimmung des VDE stattgefunden.

In einzelnen Punkten wird hier von den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker bewußt abgewichen:

Die bisher nur für Bergwerke unter Tage (siehe § 21, Regel 4 von VDE 0100/1934 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, V.E.S.1.") zugelassene feste Verlegung von Gummischlauchleitungen mittlerer (NMH) und starker Ausführung (NSH) wird als zulässig erklärt.

Um den Anschluß der Unterkunftsräume an alle Starkstromnetze mit Spannungen bis 250 V gegen Erde ohne weiteres zu ermöglichen, wurde grundsätzlich die allpolige Sicherung der einzelnen Stromkreise vorgesehen. Die einzelnen Teile der Baracken sind zu Installationseinheiten zusammengefaßt, deren Verbindung untereinander mittels Steckdose und Stecker erfolgt. Hierbei wird darauf verzichtet, daß beim Anschluß an Netze mit Nullleiter oder betriebsmäßig geerdetem Leiter die Schalter im Außenleiter liegen, da die allpolige Abtrennung der einzelnen Einheiten für den Fall von Arbeiten an der Installation durch die Steckvorrichtungen vorgenommen werden kann und die Nullung bei diesen Installationen, wie weiter unten erläutert, als Schutzmaßnahme nicht vorgesehen ist.

In den Waschbaracken und den Küchen der Wirtschaftsbaracken, die in jedem Fall als „feuchte und durchtränkte Räume" anzusprechen sind, wird die feste Verlegung von NMH- oder NSH-Leitungen nicht zugelassen, da es sich gezeigt hat, daß in diesen Räumen Gummischlauchleitungen den dauernden Einwirkungen durch Temperaturunterschiede und Feuchtigkeitsniederschläge nicht widerstehen. Hier sind ausschließlich kabelähnliche Leitungen zu verwenden.

Hinsichtlich der allgemeinen Schutzmaßnahmen, wie sie in § 3 von VDE 0100/1934 vorgeschrieben sind, wird anerkannt, daß die Räume der Verwaltungs-, Mannschafts- und Wirtschaftsbaracken — bei letzteren werden die Küchenräume ausgenommen — als „trockene Räume" anzusprechen sind und durch die Holzfußböden ein ausreichender Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung gewährleistet wird. In den Küchen der Wirtschaftsbaracken und in den Waschbaracken, in denen die „Möglichkeit einer besonderen Gefährdung" vorliegt, ist als Maßnahme zum Schutz gegen das Auftreten zu hoher Berührungsspannungen ausschließlich die Schutzschaltung nach Regel 8 in § 3 von VDE 0100/1934 bzw. nach § 16 von VDE 0140/1932 „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, L.E.S.1." vorgeschrieben worden (vgl. auch VDE 0663/1933 „Leitsätze für Schutzschalter gegen unzulässig hohe Berührungsspannung").

Vorstehende Ausnahmen gelten in gleicher Weise auch für alle den Reichsarbeitsdienst-Baracken gleichzustellenden Bauwerke, z. B. die Unterkunftsbaracken der Reichsautobahnen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Geschäftsführer:
i. V. Zimmermann.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Oberschlesien.

Am 28. 4. hielt Herr Direktor Schiebeler einen Vortrag über Neuerungen bei elektrischen Ausrüstungen von Kranen, Aufzügen und stetigen Förderern. Die Haupttriebfeder des technischen Fortschrittes ist das Bestreben, die Betriebsforderungen immer besser zu erfüllen und die Betriebssicherheit der Anlage zu steigern. Ein wichtiges Element unter vielen anderen hierfür ist die Bremse, die besonders bei Hebezeugen den sicheren Betrieb beeinflußt. Sie muß ruckfrei verzögern und abstoppen. Völlig stoßfrei arbeitet das elektro-hydraulische Gerät „Eldro". Als Eldroregelbremse, die durch Schleifenlassen der mechanischen Bremse eine auch bei starken Lastschwankungen annähernd gleichbleibende Verminderung der Geschwindigkeit auf $^1/_5$ und weniger herbeiführt, wird das Gerät für die Feineinregelung der Geschwindigkeit z. B. von Gießerei- und Montagekränen benutzt. Ebenso geschieht dies für die Feineinstellung von Aufzügen, sowie für die Sicherheits-Endabschaltung von Hub- und Fahrwerken. Stahlwerkskräne und Rollgänge erfordern für die schnelle Beschleunigung des Motors besonders durchgebildete Steuerungen für große Schalthäufigkeit. Neben Nockensteuerschaltern für Einzelantriebe werden auf den Steuerbühnen der Walzwerke für die Rollgänge, Anstellvorichtungen und Kanter Schützensteuerungen mit leicht handlichen Steuergeräten benutzt, um den Steuermann möglichst wenig zu ermüden. Bei stark wechselnd belasteten Triebwerken größerer Leistung, z. B. bei Personen-Aufzügen, beweglichen Brücken, Schiffshebewerken und dergl., wird Leonardsteuerung verwendet. In Verbindung mit der Dämpfungsmaschine wird eine stufenlose, völlig stoßfreie Beschleunigung und Verzögerung herbeigeführt, wobei sich die Hochlauf- und Bremszeit durch die Schwungscheibe einer kleinen freilaufenden Maschine bestimmt. Das Drücken eines Einschalt- oder Ausschalt-Druckknopfes bewirkt ein Selbstanlassen oder Selbstbremsen in der für den jeweiligen Betrieb zulässigen kürzesten Zeit. Der Gleichlauf zweier Triebwerke wird in den Fällen, in denen eine mechanische Welle konstruktiv unbequem ist, durch eine elektrische Welle herbeigeführt. Sie besteht aus der Verbindung der Schleifringe zweier Drehstrommotoren, der Synchronisiermotoren, mittels einer dreipoligen Leitung. Eine Gleich- und Fernstellsteuerung ermöglicht in ähnlicher Weise die elektrische Fernbetätigung einer Steuerwalze in einem Kranführerkorb, z. B. vom Werkstattboden aus an Stelle der Seilbetätigung. Große technische Aufgaben mußten von der Elektrotechnik in Zusammenarbeit mit dem Maschinenbau bei der Entwicklung der Großgeräte für die Gewinnung der Braunkohle im Tagebau, der Bagger, Abraumförderbrücken und Absetzer gelöst werden. Die Aufgabe, mannigfache Förderwege von einer Zentralstelle aus einzustellen, wird durch ein Bandschaltbild ermöglicht.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Reg.-Baurat Dr.-Ing. Franz Moeller VDE wurde zum beamteten ord. Professor an einer wissenschaftlichen Hochschule ernannt und beauftragt, an der Lufttechnischen Akademie in Berlin-Gatow die Lehrgebiete „Elektrotechnik und Funkwesen" in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 13. Dezember 1935. Erläutert von Dr. H. Darge, Dr. E. Melchinger und Dr. F. Rumpf. Mit 308 S. im Format A 5. Verlag Otto Elsner, Berlin 1936. Preis geb. 9 RM.

Der vorliegende Kommentar, der als erster Teil bezeichnet ist, weil offenbar in einem zweiten Teil die zu erwartenden Durchführungsbestimmungen erläutert werden sollen, bezeichnet sich selbst als Referentenkommentar, weil, wie es in der Einführung heißt, zwei Verfasser an der Abfassung des Gesetzes mitgewirkt haben, während der dritte Verfasser als Anwalt und Justitiar der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung an der praktischen Anwendung des Gesetzes als Berater der Unternehmen stark beteiligt sei. Der Kommentar enthält eine längere Einführung, in der die geschichtliche Entwicklung unter Hervorhebung früherer wissenschaftlicher Vorbereitungsarbeiten von H. Schacht, E. Geist und W. Windel aus den Jahren 1908 bis 1910 behandelt wird, ferner die amtliche Begründung zum Gesetz und den Text des Gesetzes, auf den dann die sehr eingehende Erläuterung der einzelnen Bestimmungen S. 49 bis 308 folgt.

Abgesehen von der Gründlichkeit und hervorragenden Sachkunde bei Darstellung des Gesamtstoffes fällt angenehm auf, daß die Verfasser sich nicht allein damit begnügt haben, jede einzelne Gesetzesbestimmung nach der rechtlichen und wirtschaftlichen Seite unter stärkster Heranziehung der Rechtsprechung des Reichsgerichts, der Oberlandesgerichte, der Strafgerichte und obersten Verwaltungsgerichte eingehend zu erläutern, sondern daß sie auch der technischen Seite weitgehende Beachtung geschenkt haben. So sind auf S. 56 bis 60, 63 bis 69 und 73 bis 78 eingehend die verschiedenen Strom- und Spannungsarten und die Energieerzeugung, die Energiefortleitung und Energieabgabe in einer auch für den Laien verständlichen Art dargestellt, wodurch das unbedingt notwendige technisch-wirtschaftliche Verständnis für das Gesetz erheblich gefördert wird. In besonderen Abschnitten werden weiterhin bei Erläuterung des § 13 des Gesetzes, der die Befugnis des Reichswirtschaftsministers zum Erlaß von Vorschriften und Anordnungen über die Erhaltung und Errichtung von Energieanlagen und über die technische Beschaffenheit, die Betriebssicherheit, die Installation von Energieanlagen und von Energieverbrauchsgeräten sowie deren Überwachung betrifft, die vom VDE erlassenen Bestimmungen behandelt. Dabei wird zutreffend zum Ausdruck gebracht, daß, wer die VDE-Vorschriften beachtet, gegen den Vorwurf der Fahrlässigkeit geschützt sei, was auch das Reichsgericht wiederholt anerkannt habe. Es wird ferner zutreffend von den Verfassern darauf hingewiesen, daß die VDE-Vorschriften nicht nur privatrechtliche Bedeutung, sondern auch im gewissen Umfange öffentlich-rechtliche Bedeutung dadurch erlangt haben, daß ihre Beachtung in vielen Polizeiverordnungen und Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften vorgeschrieben sei. Endlich behandeln Verfasser S. 271 bis 272 die Bedeutung des VDE-Zeichens als des vornehmsten Mittels, um den Nachweis der Vorschriftsmäßigkeit elektrischer Gebrauchsgegenstände zu führen. Mit Recht bezeichnen Verfasser den durch eine Entscheidung des Reichsgerichts von 1930 geschaffenen Zustand als unbefriedigend, wonach die frühere Übung aufgegeben werden mußte, die den Abnehmern die Verpflichtung auferlegte, nur solche elektrische Geräte und Materialien zu verwenden, die das VDE-Zeichen trugen.

Zusammenfassend muß erklärt werden, daß der Kommentar als hervorragendes Erläuterungsbuch zu bezeichnen ist, das nicht allein allen mit der Anwendung und Durchführung des Energiewirtschaftsgesetzes befaßten Verwaltungsbehörden, Gerichten und Standesorganisationen, sondern darüber hinaus den Leitern von Energieversorgungsunternehmen und auch den Stromabnehmern ein unentbehrliches Hilfsmittel sein wird. Aßmann VDE.

Röhrenbuch für Rundfunk- und Verstärkertechnik. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. Mit 189 Abb. u. 202 S. im Format A 5. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1936. Preis geh. 3,60 RM, geb. 4,80 RM.

Die neue Auflage ist gegenüber den beiden ersten wesentlich erweitert und bringt nun ein sehr vollständiges Bild vom Arbeiten der Röhre im Rundfunkempfänger und Verstärker; Leistungsröhren (Kraftverstärker und Sender) werden nicht behandelt. Das Buch gibt eine ausgezeichnete Einführung in das Verständnis der physikalischen Vorgänge und technischen Anwendungen, ohne besondere Kenntnisse vorauszusetzen. Infolgedessen ist der Gebrauch von Formeln sehr stark eingeschränkt, und das ist gut, denn wer weiterstrebt, dem stehen die mit Formeln reich bedachten Bücher von Barkhausen und Möller zur Verfügung. Der Verf. legt großen Wert auf eine klare Darstellung in gutem Deutsch und hat sein Ziel fast restlos erreicht. Bei diesem Streben sollte er aber Ausdrücke wie Ohmzahl statt Widerstand, Durchgriffs- und Oberwellenprozente u. ä. vermeiden. Auf S. 55 könnte mit wenigen Worten und einer Skizze die Konstruktion der Arbeitsellipse gebracht werden, die man in den oben genannten Werken nicht findet. Auf S. 72 ist die Formel für die Steuerspannung falsch gesetzt. Die Ausführungen über die Exponentialkennlinien auf den S. 106 bis 107 sind z. T. unrichtig; die Ordinate einer e^x-Kurve ist für $x = 0$ nicht unendlich groß, und die Kurve beginnt für negative x nicht „ganz plötzlich", sondern sehr allmählich bei $x = -\infty$ zu steigen. Die praktisch auftretende Kurve sollte über ihren ganzen Arbeitsbereich hin gekrümmt sein, damit sie überall eine Verstärkungsregelung ermöglicht. Die zeichnerische Darstellung der Audiongleichrichtung auf S. 142 ist völlig verunglückt, und eine Beschreibung fehlt ganz. Das Wesentliche ist doch, daß am unteren Knick der Gitterstrom-Gitterspannungs-Kennlinie gleichgerichtet wird, nicht aber im oberen Knick der Anodenstrom-Gitterspannungs-Kennlinie, der i. a. gar nicht erreicht werden kann. Auch die Darstellung der Audiongleichrichtung auf S. 152 ist unklar, der „Hochohmwiderstand" zwischen Gitter und Kathode läßt das Gitter ein klein wenig negativ werden. Zu S. 157 sei bemerkt, daß das harte oder weiche Einsetzen der Rückkopplung nicht von der Schaltung, sondern von den Betriebsbedingungen abhängt. Karl Mühlbrett VDE.

Communication Networks. Bd. 2: The classical theory of long lines, filters and related networks. Von Prof. E. A. Guillemin. Mit 233 Abb., VII u. 587 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag John Wiley & Sons, Ind., New York, und Chapman & Hall, Ltd., London. Preis geb. 37 sh 6 p.

Dem ersten Band des Werkes von Dr. Guillemin betreffs Fernmeldeübertragung über Leitungssysteme („Communication networks"), der vor etwa vier Jahren erschien, hat der Verfasser den zweiten Band folgen lassen. In ihm behandelt er mit derselben Gründlichkeit und in derselben klaren Darstellung, die den ersten Band auszeichnen, die klassische Theorie der langen Leitungen, der Filter und ähnlicher Übertragungsgebilde; im ersten Band hatte Guillemin die Systeme mit punktförmiger Verteilung konstanter Übertragungseigenschaften (lumped-constant networks) behandelt. Im ersten Abschnitt des zweiten Bandes

Digitized by Google

geht Guillemin zunächst ein auf den Unterschied zwischen Übertragungssystemen mit stetig verteilten Übertragungseigenschaften (distributed constant networks) und solchen mit Verteilung der Übertragungseigenschaften in endlicher Verteilung und behandelt das Problem der langen Leitung vom Standpunkt des Ingenieurs. In den folgenden beiden Abschnitten bringt Guillemin die Lösung der Gleichungen für die Vorgänge in eingeschwungenem Zustand auf langen Leitungen und behandelt den Vorgang der Fortpflanzung andauernder Sinusströme auf Leitungen und den Wellenwiderstand der langen Leitung. In den dann folgenden Abschnitten beschäftigt sich Guillemin eingehend mit der Vierpoltheorie; hierbei geht der Verfasser ein auf die Reihen- und Parallelschaltung von Vierpolen, auf ideale Übertrager und verlustfreie Übertrager, auf die Energieübertragung auf Vierpolen und Vierpolketten u. a. m. Diese Betrachtungen führen dann zu verschiedenen Lehrsätzen, u. a. von Foster, die sich auf Zweipole als Sitz einer EMK für die angeschlossenen passiven Vierpole, auf die linearen Umformungen verschiedener Leitungsgebilde und auf die Theorie der künstlichen Leitungen beziehen. Die Betrachtungen, die vom verlustfreien Kettenleiter ausgehen, führen dann weiter zur konventionellen Theorie der Wellenfilter und zu filterähnlichen Gebilden, die sich aus der Theorie der Kettenleiter herleiten. In einem weiteren Abschnitt wird das Fourier-Integral benutzt, um das Verhalten der Wellenfilter im Einschalt- und Ausschaltzustand zu untersuchen. Ferner werden Nachbildungen von Leitungsscheinwiderständen und Dämpfungs- sowie Phasenentzerrer behandelt. Im letzten Abschnitt werden die Einschwingvorgänge in langen Leitungen erörtert.

Das Guilleminsche Werk ist ein ausgezeichnetes Lehrbuch und kann allen empfohlen werden, die sich mit der Theorie der Fernsprech- und Telegraphenleitungen eingehend beschäftigen wollen. Gegenüber dem bekannten Werk von Franz Breisig über Theoretische Telegraphie, das noch immer seinen Wert für das Studium der Vorgänge auf Leitungen und in Apparaten aufrechterhält, ist das Guilleminsche Werk insofern im Vorteil, als es aus neuerer Zeit stammt und die in den letzten 10 Jahren erzielten Fortschritte auf dem Gebiet der Fernmeldeübertragung berücksichtigen konnte. K. Höpfner VDE.

Klänge und Geräusche. Methoden und Ergebnisse der Klangforschung — Schallwahrnehmung — Grundlegende Fragen der Klangübertragung. Von Prof. Dr. F. Trendelenburg. Mit 154 Abb., VIII u. 235 S. im Format 165×240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1935. Preis geh. 24 RM, geb. 25,80 RM.

Das dem Andenken Hans Rieggers gewidmete Werk hat die neuere Entwicklung der im Untertitel genannten Gebiete der Akustik und ihre heute vorliegenden Ergebnisse zum Gegenstand. Das Eindringen in den Stoff und die Benutzung des Buches werden sehr gefördert durch die übersichtliche, straffe, systematische Gliederung. Behandelt werden: Akustische Grundbegriffe (Grundlagen des mathematischen Ansatzes, Definitionen akustischer Vorgänge und Zustandgrößen), Untersuchungsmethoden (vornehmlich die wichtigeren objektiven Verfahren, Mikrophone, Verstärker, Tonaufzeichnung, automatische Analyse), Sprachklänge (Erzeugungsart der Sprachlaute, Vokaltheorien, unter denen die Helmholtzsche die ihr zukommende Wertung als allgemeingültige erfährt, Besonderheiten des Vokalaufbaues und des zeitlichen Verlaufes von Sprachklängen), Klänge von Musikinstrumenten (Klangspektren und Besonderheiten des zeitlichen Ablaufs der Klänge bei einer großen Zahl von Musikinstrumenten, Intensität und Richtwirkung), Geräusche (Verkehrs-, Wohn- und Betriebsgeräusche, medizinisch wichtige Geräusche: Herzschall, Lungenschall usw.), Klangsynthese und elektrische Musik, subjektive Schallwahrnehmung (Bau und Wirkungsweise des Gehörs, physikalische Erregung und subjektive Empfindung), Sonderfragen der Klangübertragung (Frequenzbereich, Klangfarbe, Sprachverständlichkeit, Raumakustik). Auf den genannten Gebieten führt das Werk in die Fragestellungen ein, macht mit den wesentlichen Ergebnissen in klarer und übersichtlicher Weise bekannt und zeigt den Zusammenhang der Probleme. Der Verfasser hat die große Zahl seiner Quellen, unter ihnen seine eigenen bekannten Arbeiten, sorgfältig in Fußnoten angeführt, so daß das Buch zugleich der beste Wegweiser für das Eindringen in Sonderfragen ist. Im Hinblick darauf, daß in den letzten Jahren, veranlaßt hauptsächlich durch die Technik, auf dem Gebiet der Akustik eine starke Entwicklung eingesetzt hat, kommt das Buch einem gegenwärtig vorhandenen Bedürfnis entgegen, indem es die neuen Fragen, Verfahren und Ergebnisse in ihrem Zusammenhang in übersichtlicher Darstellung mitteilt.

J. Fischer.

Technische Thermodynamik. 1. Teil. Von Prof. Dr.-Ing. Fr. Bošnjaković. Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen. Unt. Mitw. v. Prof. Dr.-Ing. A. Naegel u. Prof. Dr.-Ing. W. Pauer herausg. v. Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. E. h. H. Pfützner. Band XI. Mit 176 Abb., 3 Tafeln, XII u. 205 S. im Format A 5. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1935. Preis geh. 13 RM, geb. 14 RM.

Von diesem Buch, das den Band XI der Sammlung „Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen" bildet, liegt jetzt der 1. Teil vor. Dieser gibt auf etwa 200 Seiten eine sehr gute Einführung in die Wärmelehre, wie sie der Ingenieur braucht.

Nachdem der Leser in besonders anschaulicher Weise mit der klassischen Thermodynamik, soweit sie für den Ingenieur wesentlich ist, bekannt gemacht ist, werden Dämpfe, insbesondere der Wasserdampf, ausführlich behandelt. Dabei werden auch einige Dampfmaschinenprobleme erörtert. Dann folgen Strömungsvorgänge in ihren Grundzügen und schließlich Kältemaschinenprozesse.

Der Text ist ausführlich gehalten, sehr zahlreiche Abbildungen dienen der weiteren Erläuterung, so daß bei den mathematischen Ableitungen die inneren Zusammenhänge deutlich hervortreten. Eine beigefügte Aufgabensammlung mit Angabe der Lösungen gibt Gelegenheit, durch Anwendung der Formeln sich mit dem behandelten Stoff näher vertraut zu machen. Das Buch ist für Studierende der Technischen Hochschulen wie auch für Ingenieure, die in der Praxis stehen, gleich gut geeignet.

Im zweiten Teil des Bandes sollen die Mehrstoffprobleme und die Tieftemperaturtechnik behandelt werden.

Otto Schöne.

Moderne Stahlgießerei, für Unterricht und Praxis. Von Geh. Bergrat, Prof. i. R., Dr.-Ing. E. h. B. Osann. Mit 216 Abb., VIII u. 261 S. im Format B 5. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geb. 26,70 RM.

Das Gebiet der Stahlgießerei hat in Theorie und Praxis einen derartigen Umfang angenommen, daß die Herausgabe eines besonderen Buches als notwendig anzusehen war. Dem Verfasser sind seine langjährigen Erfahrungen, besonders in seiner Eigenschaft als Lehrer für Eisenhüttenkunde an der Bergakademie Clausthal, besonders zustatten gekommen. Neben Abschnitten über das Schmelzen von Stahl im Tiegel, im Siemens-Martin-Ofen, im Kleinkonverter findet man auch weite Ausführungen über das Schmelzen im elektrischen Ofen im allgemeinen und im Lichtbogenofen und Induktionsofen im besonderen. Es wäre zu wünschen, wenn gerade diese Abschnitte von den Stahlgießereien besonders gewürdigt werden, nachdem der elektrische Ofen in den amerikanischen Gießereien schon seit langem festen Fuß gefaßt hat. Beachtenswert sind auch die Abschnitte über die Eigenschaften und die Herstellung von Stahlgußstücken, wobei allerdings einige Unterabschnitte, wie über Maschinen für die Aufbereitung der Formstoffe, über Formmaschinen, angesichts der Bedeutung und des Umfanges dieser Maschinen etwas knapp ausgefallen sind. Im übrigen erfüllt das Buch alle Erwartungen, die man gestellt hatte, so daß es den Erzeugern und Verbrauchern von Stahlguß, den Ofenbauwerken, dann auch den Studierenden dieses Fachgebietes gute Dienste leisten wird und daher empfohlen werden kann. Druck und Ausstattung des Buches sind einwandfrei.

H. Kalpers VDE.

DIN-Taschenbuch 10. Schrauben — Muttern und Zubehör. Herausg. v. Deutschen Normenausschuß. 3. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 248 S. im Format A 5. Beuth-Verlag, Berlin 1936. Preis kart. 15,50 RM.

Das vorliegende Buch Schrauben, Muttern und Zubehör entspricht dem Stande vom Januar 1936. Gegenüber der 2. Auflage vom Mai 1929 sind einzelne in dieser Auflage enthaltene Normblätter in neuer Ausgabe aufgenommen, ebenfalls sind einige neue Normblätter aufgenommen. Die Entwicklung der Technik im allgemeinen und der Normung der Schrauben, Muttern usw. im besonderen bedingt Ände-

Digitized by Google

rungen und Verbesserungen der Normen. Auf eine Wiedergabe der Grundnormen ist in dieser Auflage verzichtet worden, weil diese Normblätter bereits im DIN-Taschenbuch 1, von dem übrigens die 6. Auflage in Vorbereitung ist, abgedruckt sind. Auch sind die Fachnormen — mit Ausnahme der Sechskantmuttern für den Kraftfahrbau — in der vorliegenden Auflage nicht mehr enthalten, da diese nur ein kleiner Teil der Benutzer des DIN-Taschenbuches 10 benötigt. A. Przygode VDE.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Kolloidik. Eine Einführung in die Probleme der modernen Kolloidwissenschaft. Von Priv.-Doz. Dr. A. von Buzágh. Mit 68 Abb. u. 18 Tab., XII u. 323 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag Th. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1936. Preis geh. 15 RM, geb. 16,50 RM.

Experimentelle Grundlagen der Wellenmechanik. Von Dr. S. Flügge u. Dr. A. Krebs. (Wissenschaftl. Forschungsberichte, Naturwiss. Reihe, Bd. 38.) Mit 92 Abb., X u. 236 S. im Format 155 × 225 mm. Verlag Th. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1936. Preis geh. 16 RM, geb. 17 RM.

Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik. Eigenschaften, Verarbeitung u. Verwendungstechnik der Werkstoffe für Hochvakuumröhren u. gasgefüllte Entladungsgefäße. Von Dr. W. Espe u. Dr.-Ing. M. Knoll. Mit 405 Abb. u. 1 mehrfarb. Tafel, VIII u. 383 S. im Format B 5. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geb. 48 RM.

Über die Stromverhältnisse bei augenblicklich tödlichen elektrischen Unfällen. Von Ziviling. E. von Holstein-Rathlou. Mit 42 Abb. u. 71 S. im Format B 5. Aschehoug Dansk Forlag, Kopenhagen 1936.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. Uran und Isotope. Mit einem Anhang über Transurane. Herausg. v. der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 8., völlig neu bearb. Aufl. (System-Nr. 55). Mit 4 Abb., XVIII, X u. 279 S. im Format B 5. Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 46 RM.

Magyarország Villamosításának Fejlödése az 1930—1933. Években. (Ungarns Elektrisierung während 1930—1933.) Von St. Pétery. Mit 1 Plan u. 118 S. im Format A 4. Magyar Királyi Állami Nyomda, Budapest 1935.

Fernsehen von heute. Die Vorgänge beim Fernsehen. Von Ing. O. Kappelmayer. Mit 40 Abb. u. 62 S. im Format A 5. Verlag Georg Siemens G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 2 RM.

Die Schrumpfung geschweißter Stumpfnähte. Von R. Malisius. (Aus Theorie und Praxis der Elektroschweißung, H. 2.) Mit 9 Abb. u. 36 S. im Format B 6. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1936. Preis geh. 0,70 RM.

Das ökonomische Zeitalter. Zur Kritik der Zeit. Von W. Sombart. Erweiterter Sonderdruck aus dem Buche „Deutscher Sozialismus". Mit 47 S. im Format 160 × 225 mm. Verlag Buchholz & Weißwange, Berlin 1935. Preis geh. 0,90 RM.

Der proletarische Sozialismus („Marxismus"). Darstellung und Kritik. Von W. Sombart. Erweiterter Sonderdruck aus dem Buche „Deutscher Sozialismus". Mit 43 S. im Format 160×225 mm. Verlag Buchholz & Weißwange, Berlin 1935. Preis geh. 0,90 RM.

Les accumulateurs électriques. Von G. W. Vinal. Übersetzt aus der 2. amerikan. Auflage von G. Génin. Mit 160 Abb., IX u. 566 S. im Format 160 × 250 mm. Verlag Dunod, Paris 1936. Preis geh. 115 Fr, geb. 125 Fr.

Rezepte für die Werkstatt. Von Studienrat Dr. F. Spitzer. 3. neu bearb. Aufl. (Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter, H. 9.) Mit 68 S. im Format 155×230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 2 RM.

Lärm. Die Grundtatsachen der Schalltechnik. Lärmstörungen. Lärmschutz. Von Prof. Dr. H. Wigge. Mit 102 Abb. u. 81 S. im Format A 5. (Bibl. d. ges. Technik Bd. 424.) Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1936. Preis kart. 3,60 RM.

Aluminium-Taschenbuch. 6. Aufl. Herausg. Aluminium-Zentrale G. m. b. H., Berlin. Mit zahlr. Abb., XVIII u. 377 S. im Format 115 × 160 mm. Verlag: Aluminium-Zentrale, Abt. Literar. Büro, Berlin W 9. Preis 2 RM, für Ausland 4 RM.

Deutsche Handelskammer (Camara de Comercio Alemana), Buenos Aires. Aufgabenbereich, Schiedsgerichtsordnung, Gutachten-Richtlinien, Gebührenordnungen und Mitgliederverzeichnis 1935. Mit 110 S. im Format 160×225 mm. Zu beziehen durch den Latein-Amerikanischen Verein (Gelateino) Hamburg-Bremen e. V., Hamburg 1, Alsterdamm 15 II. Preis geh. 3 RM.

Deutsch-Brasilianische Handelskammer (Camara de Comercio Teuto-Brasileiro), Rio de Janeiro. Mitgliederverzeichnis nach dem Stande vom 1. Juli 1934. Mit 238 S. im Format 160×230 mm. Zu beziehen durch den Latein-Amerikanischen Verein (Gelateino) Hamburg-Bremen E. V., Hamburg 1, Alsterdamm 15 II. Preis geh. 5 RM.

NEMA Magnet wire standards. Herausg. v. National Electrical Manufacturers Association, New York. Veröffentlichung Nr. 36—34 (Jan. 1936). Mit 14 S. im Format 200×265 mm. Zu beziehen durch NEMA, New York, N. Y., 155 East 44th Street. Preis 25 Cents.

Otto von Guericke, Bürgermeister von Magdeburg. Ein deutscher Staatsmann, Denker und Forscher. Von Dr. H. Schimank. Mit einer Anlage: Stammtafel der Familie Guericke. Von Dr. A. R. von Vincenti. (Magdeburger Kultur- und Wirtschaftsleben Nr. 6. Herausg. von der Stadt Magdeburg.) Mit zahlr. Abb. u. 78 S. im Format A 5. Preis kart. 2 RM. 1936.

Sonderdrucke.

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris. Veröffentlichung Nr. 1: G. Vallauri, Galileo Ferraris (Per l'inaugurazione dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale „Galileo Ferraris"), Sonderdruck aus „La Ricerca Scientifica" Bd. 2, 6. Jg., Nr. 7 bis 8; Veröff. Nr. 2: P. Pontecorvo: Modulazione anodica in parallelo e in serie. Aus Alta Frequenza Bd. 4, Nr. 5; Veröff. Nr. 3: E. F. Ghiron, Anomalie nella propagazione di onde acustiche di grande ampiezza. Aus Alta Frequenza Bd. 4, Nr. 5; Veröff. Nr. 4: A. Ferrari, Il problema del „tocco" nel pianoforte. Aus Alta Frequenza Bd. 4, Nr. 5; Veröff. Nr. 5: C. Chiodi, Influenza degli elettrodi sulle misure della resistività, della costante dielettrica e dell'angolo di perdita dei materiali isolante solidi. Aus L'Elettrotecnica Bd. 22, Nr. 22; Veröff. Nr. 6: P. Lombardi, Per i collaboratori. Aus Alta Frequenza Bd. 4, Nr. 6.

Regia Accademia Navale, Livorno. Pubblicazioni del R. Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni della Marina. Veröffentlichung Nr. 107: C. Pistoia, Ampli ficatore di correnti continue con funzionamento a scatto riversibile; aus Alta Frequenza Bd. 4, Nr. 3; Veröff. Nr. 109: G. Gramaglia, Rilievo di caratteristiche di tubi elettronici trasmittenti. Aus Alta Frequenza Bd. 4, Nr. 4. Veröff. Nr. 110: N. Carrara, Microonde. Veröff. Nr. 111: G. Salom, Sulla misura della selettività dei radioricevitori. Aus „Rendiconti" dell'A.E.I., Sept. 1935.

Eingegangene Doktordissertationen.

Willy Marti, Ventilfederschwingungen. Eidgenöss. T. H. Zürich 1935.

Hansheinrich Verse, Eine neue Ersatz-Prüfschaltung für Lichtbogen-Löscheinrichtungen. T. H. Braunschweig 1936.

Charles E. Mongan, Elektronenbeugung an Magnesiumoxyd, an Kohlenstoff und an Eis. Eidgen. T. H. Zürich 1935.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 56. Wer ist Hersteller von Wärme-Isolierplatten und -Isoliersteinen, die unter dem Namen „Sterschamol" im Handel sind?

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 17. Juli 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 30. Juli 1936** **Heft 31**

Die 38. Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in München.

Schon öfters tagte der Verband Deutscher Elektrotechniker seit seinem Bestehen in München. 1895 stand im Mittelpunkt der Versammlung die Enthüllung des Denkmals für Ohm. 1911 wurde zur Tagung die Ausstellung „Die Elektrizität im Hause, im Kleingewerbe und in der Landwirtschaft" eröffnet. 1922 fand gleichzeitig mit der Tagung die dritte elektrische Woche statt.

1932 hielt der VDE seine Geschäftstagung „anläßlich der 50. Wiederkehr des Jahres der Internationalen Elektricitäts-Ausstellung, verbunden mit elektrotechnischen Versuchen im Glaspalast zu München" in München ab und nahm auf die Einladung der Stadt und des Elektrotechnischen Vereines München hin an der Gedenkfeier teil.

Diesmal öffnete das Deutsche Museum selbst dem VDE seine Pforten als Tagungsstätte und gab damit für die Tagung einen Rahmen, wie er würdiger nicht sein konnte.

Am Morgen des ersten Tages der 38. Mitgliederversammlung veranstaltete der VDE ein Treffen der Jungingenieure des VDE, das der gegenseitigen Fühlungnahme zwischen dem VDE als Träger der deutschen Elektrotechnik, unseren Jungingenieuren und deren berufenen Vertretungen galt. An anderer Stelle wird hierüber noch besonders berichtet werden[1]).

Presse-Illustration Nortz, München.

Abb. 1. Die Mitgliederversammlung am 2. 7. 1936.

Aus der an das Treffen anschließenden Besprechung im Kreise der Gauobleute für das Jungingenieurwesen hat der Berichter ebenso wie aus der tags zuvor abgehaltenen Sitzung des Redaktionskomitees wertvolle Anregungen erhalten. Für die ETZ allgemein gilt, daß sie den eingeschlagenen Weg weiter verfolgen und sich stets bemühen wird, durch Vielseitigkeit auf dem Gebiet der Aufsätze und Rundschauen allen Lesern etwas zu bieten und sie durch schnelle Berichterstattung, vor allem auch aus dem ausländischen Schrifttum, auf dem laufenden zu halten. Für die Jungingenieurarbeit will sich die Wissenschaftliche Leitung die Worte aus der Ansprache des Vorsitzenden des VDE zur Richtschnur machen, mit denen er die Ziele des VDE in der Jungingenieurarbeit umriß:

„Wir stehen ihnen mit Rat und Tat zur Seite und fördern sie in ihrem Vorwärtsstreben durch technisch-wissenschaftliche und weltanschauliche Schulung. Wir versuchen dabei zu vermeiden, daß unsere Jungingenieure zu einseitigen Spezialisten herangezogen werden."

Befolgen kann die ETZ diese Richtungsweisung in noch höherem Maße als bisher, wenn sie im Jungingenieurteil nicht eine Abwandlung des Aufsatzteils der ETZ bringt, sondern versucht, die technischen Fortschritte auch im Rahmen des gesamten Schaffens der Nation zu betrachten.

Gleichzeitig tagten am ersten Tage vormittags Vorstand und Vorstandsrat.

Nachmittags fand im vollbesetzten Kongreßsaal des Deutschen Museums die Mitgliederversammlung statt, die in festlichem Rahmen den Auftakt zur Tagungsarbeit gab. Der Vorsitzende des VDE, Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. W. Ohnesorge, begrüßte Gäste und Berufskameraden und gab einen Überblick über das Geschehen des letzten Jahres. Er wies eindringlich darauf hin, daß aller Fortschritt in der Technik nur dann Sinn hat, wenn das ganze Volk Anteil an dem erzielten Erfolg hat. Seine grundlegenden Ausführungen sind in diesem Heft weiter unten wiedergegeben[2]).

Herr Reichsleiter Fiehler, Oberbürgermeister der Hauptstadt der Bewegung, hieß im Anschluß an die Worte des Vorsitzenden den VDE herzlich in München willkommen. In Erinnerung an die letzte in München abgehaltene Mitgliederversammlung im Jahre 1922 wies er auf die große Wandlung hin, die sich in dieser Zeit in Deutschland vollzogen hat. An den Internationalen Gemeindekongreß anknüpfend, führte er u. a. folgendes aus:

„Die Technik, die vorher vielfach nur als Dienerin privater Interessen oder bestenfalls der Wirtschaft als eines

[1]) s. S. 901 dieses Heftes.

[2]) s. S. 885 dieses Heftes.

Digitized by Google

eigenen Gebildes angesehen war, ist zur Dienerin des Volkes, der Nation geworden. Es ist merkwürdig, daß gerade in der früheren Zeit, als durch die liberalistischen Auffassungen die Technik nicht als Werkzeug der Nation angesehen wurde, sondern als ein Teil der Wirtschaft, einer selbständigen und vom Volke mehr oder minder unabhängigen Wirtschaft, daß gerade in dieser Zeit die Technik verdammt war, mit dem Fluch beladen war, wie sich, glaube ich, Herr Staatssekretär Ohnesorge ausgedrückt hat, daß man ihr in weiten Kreisen des Volkes die Schuld daran zuschob, daß die Verhältnisse so schlecht geworden seien, daß die Not und vor allem die Arbeitslosigkeit so groß geworden sei. Wenn dieser Standpunkt auch heute in Deutschland überwunden ist, in der Welt ist er das noch nicht. Wir haben erst kurz Gelegenheit gehabt, beim Internationalen Gemeindekongreß Ausführungen von Vertretern verschiedener Organisationen zu hören über das Thema „Bekämpfung der Arbeitslosigkeit", die darin gipfelten, man müsse die Technik einschränken, weil damit am besten die Arbeitslosigkeit bekämpft werden könne. Bei uns ist das heute anders, vollkommen anders, und ich behaupte, gerade deshalb anders geworden, weil im ganzen Volk sich die Auffassung durchgesetzt hat, die, wie ich überzeugt bin, bei einem erheblichen Teil der Techniker selbst innerlich schon immer vorhanden war, daß auch die Technik nichts anderes ist und nichts anderes sein kann und darf als Dienerin der Gesamtheit. Gerade aber deshalb, weil sich diese Auffassung durchgesetzt hat, weil die Verbindung zwischen Technik und Wirtschaft und zwischen Technik, Wirtschaft und Volk heute im nationalsozialistischen Deutschland hergestellt ist, ist dieser Fluch von der Technik genommen. Ich darf sagen, daß gerade bei der Elektrotechnik doch wohl das ganze Volk heute weiß, daß jeder Fortschritt, der auf diesem, Ihrem Spezialgebiet gemacht worden ist, nicht nur einigen wenigen Wirtschaftlern etwa zugute kommt, sondern daß das ganze Volk daran teil hat und in Zukunft in noch weiterem Umfange teilhaben soll."

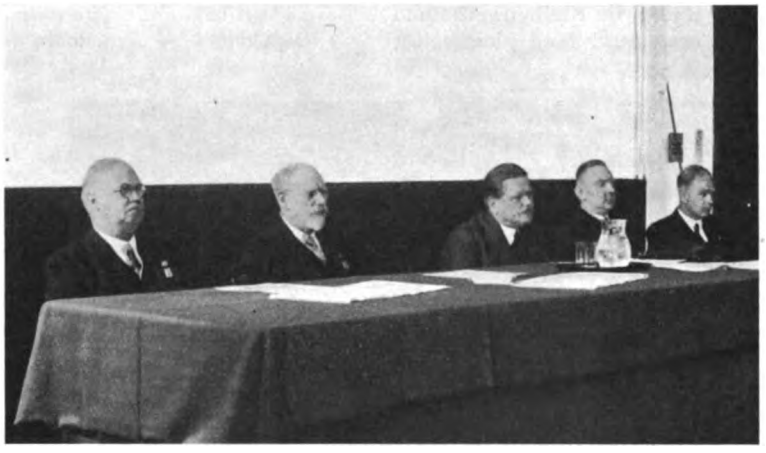


Abb. 2. Direktor Dr.-Ing. W. Lühr, Prof. Dr. R. Franke, Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. W. Ohnesorge, Dipl.-Ing. H. Blendermann und Postrat Dipl.-Ing. G. Schneider in der Vorstandsratsitzung am 2. 7. 1936.

In seinen weiteren Ausführungen wies Oberbürgermeister Fiehler auf ein Gespräch hin, das er vor zwölf Jahren in der Festung Landsberg mit dem Führer hatte, als einmal unter den Kameraden die Frage auftauchte, ob das gigantische Fortschreiten der Technik nicht vielleicht ein Hindernis sei zur Beseitigung der Arbeitslosigkeit, ob es nicht tatsächlich falsch sei, wozu der Führer dann erklärt habe, wenn das richtig wäre, dann müßten wir heute eigentlich hoch so wie die alten Ägypter mit irgendeinem Ast den Boden pflügen, statt ihn mit einem Motorpflug zu bearbeiten. Er habe damit zum Ausdruck gebracht, daß es nicht richtig sein könne, der Fortschritt könne niemals der Feind der Gesamtheit sein, es liege nur daran, zu erreichen, daß der technische, der wirtschaftliche Fortschritt, die wirtschaftlichen Gedankengänge in Einklang gebracht werden mit den Notwendigkeiten der Nation. Reichsleiter Fiehler schloß:

„Wenn wir auf diesem Gebiet weiterfahren und wenn Sie auf Ihrer Tagung bei allem, was Sie an Erfahrungen auszutauschen haben, was Sie an Neuerungen einem größeren Kreis von Fachkollegen zu vermitteln haben, dabei immer sich vor Augen halten: Nützen wir damit der Gesamtheit des Volkes?, dann wird, davon bin ich überzeugt, Ihre Tagung in München hier in diesem Saale, im Deutschen Museum, das eine so wunderbare Stätte der Naturwissenschaften darstellt, von größtem Erfolg begleitet sein, und diesen Erfolg darf ich Ihnen namens der Hauptstadt der Bewegung von Herzen wünschen."

Als Vertreter der sozialpolitischen Reichsbehörden begrüßte Herr Oberregierungsrat Stiller im Auftrage des Reichsarbeitsministeriums, des Reichsversicherungsamts und des Reichswirtschaftsministeriums den VDE als den Repräsentanten der Elektrotechnik im ganzen Reich und wies auf die fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Behörde und Verband hin. Besonders erwähnte er die Neuordnung der Grundlagen für die VDE-Prüfstelle.

„Auch die Prüfstelle des VDE hat eine besondere Bedeutung. Wir haben ja im Laufe des vergangenen Jahres neue Grundlagen für sie entworfen, die auch die Behörden zu weitgehender Mitarbeit fähig machen."

Herr Dr. Hirrich überbrachte die Grüße des Generalinspektors Dr. Todt sowie des NS-Bundes Deutscher Techniker und wies auf die gute Kameradschaft zwischen NSBDT und VDE hin.

„Der VDE hat sich immer auf die Bedürfnisse der Technik eingestellt und zielbewußte Arbeit, beste Leistung vollbracht. In seinen Fachausschüssen und Fachvorträgen behandelt der VDE bedeutsame Aufgaben der Elektrotechnik und stellt sich in gleicher Weise der Wehrmacht, der Luftwaffe und der Industrie zur Verfügung. Der VDE hat es aber auch verstanden, in treuer Verbundenheit und guter Kameradschaft Gemeinschaftsarbeit mit dem NS-Bund Deutscher Techniker zu pflegen."

Er gab dann der Hoffnung Ausdruck, daß das laufende Jahr auch in bezug auf die Eingliederung der Ingenieure eine den Zusammenschlüssen der Juristen und Ärzte entsprechende Organisation bringen werde.

„Berufskameraden! Sie alle wissen, daß uns Ingenieure noch nicht der endgültige organisatorische Zusammenschluß beschieden worden ist, den die anderen Fakultäten, die Juristen, die Ärzte, bereits haben. Es mag dies daran liegen, wie Reichsamtsleiter Seebauer kürzlich ausführte, daß der Techniker gewöhnt ist, an alle Aufgaben konstruktiv denkend heranzugehen und möglichst mit mehrfacher Sicherheit zu arbeiten. Trotzdem wollen wir hoffen, daß Herr Dr. Todt vielleicht noch in diesem Jahre den Schlußstein unter eine Organisation setzt, die wir Techniker und insbesondere wir Parteigenossen unter ihnen erhoffen."

Herr Prof. Dr. Matschoß richtete die Grüße der in der RTA zusammengeschlossenen anderen Fachverbände aus und wies besonders auf das Deutsche Museum als Tagungsstätte hin, das die große Bedeutung der Elektrotechnik in seinen Sammlungen widerspiegele. In weiteren

Digitized by Google

Ausführungen erkannte er die außerordentliche Pflege der Forschung in der Elektrotechnik an:

„Und noch eines, meine Herren von der Elektrotechnik! Ihr Vorsitzender hat mit allem Nachdruck darauf hingewiesen, wie notwendig wir die Forschung haben, heute notwendiger als je. Sie von der Elektrotechnik sind, wenn Sie das ganze Gebiet der Technik überschauen, eigentlich bahnbrechend vorgegangen, Sie haben auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaut. Die großen Laboratorien Ihrer großen Werke sind heute mustergültig und die leitenden Männer dieser Werke sind klug genug, um immer wieder sehr beträchtliche Geldmittel gerade in der Forschungsarbeit festzulegen."

Er betonte weiter in Übereinstimmung mit der Auffassung wohl aller Elektrotechniker im VDE die Bedeutung auch der reinen Forschung.

Herr Reichsinnungsmeister Gamer begrüßte den VDE im Namen des deutschen Handwerks und wies auf die außerordentlich fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Handwerk gerade im VDE hin.

„Die Beziehungen zwischen dem Handwerk und der Wissenschaft sind wechselseitige, und ich freue mich, hier feststellen zu können, daß es gerade im Verband Deutscher Elektrotechniker schon lange Jahre so ist, daß in den Fachausschüssen, wo die praktische Arbeit geleistet wird, der Wissenschaftler neben dem Handwerker sitzt, die Erfahrungen des Mannes aus der Praxis verbinden sich hier mit den Erfahrungen des Mannes der Wissenschaft."

Aufnahme Kurt Huhle, München.

Abb. 3. Aus der Vorstandsratsitzung am 2. 7. 1936.

Er schloß mit der Versicherung, daß das Elektrohandwerk noch mehr als seither an den Bestrebungen des VDE mitarbeiten werde zum Besten unseres Vaterlandes.

Herr Direktor Zschintzsch wies auf die von jeher bestehende enge Zusammenarbeit zwischen VDE und Elektrizitätswirtschaft in den Kommissionen hin.

„Hat schon diese Tatsache zu der engen Verbundenheit zwischen VDE und Elektrizitätswirtschaft geführt, so ist sie noch enger gestaltet, und ich möchte beinahe sagen, amtlich festgelegt worden durch das Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft vom Dezember vorigen Jahres. An sich will das Gesetz die große Frage der Energiewirtschaft regeln. Dabei greift es aber mit den Bestimmungen des § 13 auch auf ein Gebiet über, dessen Betreuung von jeher das ureigenste Ziel des VDE gewesen ist, welches man kurz als die Schaffung von anerkannten Regeln der Technik für eine im weitesten Sinn unfallsichere und damit ersprießliche und gemeinnützige allgemeine Anwendung der Elektrizität kennzeichnen kann. Dadurch, daß der Gesetzgeber es für angebracht gehalten hat, dieses Aufgabengebiet des VDE unter seine besondere Obhut zu nehmen, wird nicht nur die große Bedeutung unterstrichen, die dieses heute für unsere gesamte Wirtschaft besitzt, sondern es wird damit auch in unmißverständlicher Weise die Gemeinnützigkeit der bisherigen, auf freiwilliger Grundlage geleisteten VDE-Arbeit hervorgehoben. Der hierin liegenden Anerkennung wird auch jeder bittere Beigeschmack, der sonst leicht mit Gesetzesmaßnahmen verbunden ist, von vornherein dadurch genommen, daß der Titel des Energiewirtschaftsgesetzes schon erkennen läßt, daß nicht etwa eine mehr oder weniger bürokratische Regelung, sondern eine Förderung der Energiewirtschaft beabsichtigt ist, ein Ziel, das letzten Endes der VDE auf seinem Arbeitsgebiet schon immer erstrebt hat. Der VDE kann somit zu seiner Genugtuung feststellen, daß in dem Wesen der Aufgaben, die er sich in seiner seit mehr als vier Jahrzehnten gepflogenen Gemeinschaftsarbeit gestellt hatte, keinerlei Wandel vorgenommen wird, sondern lediglich eine Sanktionierung und Stützung dieser Bemühungen durch die Staatsautorität zu erwarten ist. Daß anderseits der VDE zur Leistung dieser Aufgabe nicht nur befähigt, sondern auch bereit ist, dürfte er durch seine bisherigen Arbeiten zur Genüge bewiesen haben. Seine Erfolge kann man sicher ohne Übertreibung, und zwar gerade im Hinblick auf die auf diesem Gebiet wieder aufgenommene internationale Arbeit, als vorbildlich und mustergültig, wie schon Herr Staatssekretär Ohnesorge vorhin betont hat, für die ganze elektrotechnische Welt bezeichnen. Als die wesentlichste Voraussetzung für die bisherige erfolgreiche Tätigkeit des VDE muß man, glaube ich, den Gemeinschaftsgeist ansehen, der die deutschen Männer der Elektrotechnik von jeher beseelt hat. Ohne ihn wäre jedenfalls die Bewältigung der vielgestaltigen, bei dem unaufhaltsamen Fortschritt der Technik besonders schwierigen Arbeit gar nicht denkbar gewesen. Wir können daher dem VDE nichts Besseres wünschen, als daß ihm dieser Gemeinschaftsgeist auch weiterhin nicht nur erhalten bleiben, sondern daß er sich noch vertiefen möge. Eine solche Hoffnung scheint mir um so mehr berechtigt zu sein, als im heutigen Deutschland die Gemeinschaft als oberstes Lebensgesetz gilt, für dessen Verwirklichung auch diese Tagung in der Hauptstadt der Bewegung wieder beredtes Zeugnis ablegt."

Seine Ausführungen schlossen mit den besten Wünschen für die Zukunft des VDE und mit der Versicherung, daß die deutsche Elektrizitätsversorgung es für ihren Teil nicht an der Bereitschaft zur jederzeitigen tatkräftigen Mitarbeit an der Bewältigung der gestellten gemeinsamen Aufgabe fehlen lassen werde.

Herr Prof. Rachel richtete im Namen der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie an den VDE herzliche Begrüßungsworte. In seinen Darlegungen spiegelte sich die enge Verbundenheit des VDE auch mit der Elektroindustrie wider, wenn er ausführte:

„Ich möchte die Gelegenheit benutzen, die Freude der Elektroindustrie darüber zum Ausdruck zu bringen, daß bei den mancherlei Veränderungen im Aufbau und der Organisation der Technik der VDE seine Selbständig-

Digitized by Google

keit im Rahmen des Ganzen behalten hat. Dafür sind wir Elektrotechniker dem Vorsitzenden des VDE, Herrn Staatssekretär Ohnesorge, zu besonderem Dank verpflichtet, daß er seinen ganzen persönlichen Einfluß bei Herrn Dr. Todt in dieser Richtung eingesetzt hat. Wenn auch die Elektrotechnik ihrem Wesen nach in alle Gruppen der Technik, Maschinenbau, Chemie, Eisenhüttenwesen, Bauwesen, Verkehrswesen, eingreift, so kann dies doch niemals dazu führen, sie auf technisch-wissenschaftlichem Gebiet irgendeinem anderen Gebiet der Technik anzugliedern. Die Elektrotechnik ist ein in sich geschlossenes technisch-wissenschaftliches Gebiet, dessen große Bedeutung gerade die VDE-Arbeiten, besonders das Vorschriftenwerk, und ferner die Tatsache zeigt, daß das Dritte Reich der Elektrotechnik neben dem Elektrohandwerk zwei selbständige Wirtschaftsgruppen, nämlich die Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, zugewiesen hat.

Wenn die Elektroindustrie dem VDE einen erfolgreichen Verlauf seiner Münchener Tagung wünscht, so tut sie das besonders unter dem Gesichtspunkt, daß die Stellung des VDE nach außen selbständig, stark und angesehen und die Arbeiten des VDE im Innern weiter zielbewußt; umfassend und von wissenschaftlichem Geist getragen sein und bleiben mögen."

Er schloß mit den besten Wünschen für einen guten Verlauf der Tagung.

Nach den Begrüßungsansprachen, die in ihrer Gesamtheit zeigen, daß von allen Seiten die Bedeutung des VDE vorbehaltlos anerkannt wurde, erteilte der Vorsitzende das Wort dem Geschäftsführer des VDE, Herrn Dipl.-Ing. H. Blendermann. Der Bericht ist bereits im Tagungsheft[3]) wiedergegeben worden, so daß sich der mündliche Vortrag nur auf die hauptsächlichsten Gesichtspunkte beschränkte.

Im Anschluß an den Bericht erteilte der Vorsitzende namens der Mitgliederversammlung der Leitung und Geschäftsführung des VDE Entlastung und bat Herrn Professor Dr. W. Petersen, seinen Vortrag „Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik" zu halten. Der Vortrag ist in diesem Heft abgedruckt[4]).

An den Dank an den Vortragenden, an alle, die an der VDE-Arbeit sich beteiligt haben, an die Gliederungen der Partei, insbesondere den Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik, das Amt für Technik und die Deutsche Arbeitsfront, schloß der Vorsitzende den Dank an den Führer an.

„Meine lieben Volksgenossen! Der Saal ist hier so schön, es läßt sich hier so wundervoll arbeiten, wir sitzen in solcher Ruhe und in solchem Frieden beisammen und sprechen über wissenschaftliche Themata. Und wissen wir heute noch, wie es hätte kommen können, wenn am 30. Januar 1933 statt der Revolution durch den großen Führer eine Revolution durch die Schlammflut des Bolschewismus gekommen wäre? Es ist uns eigentlich in diesen drei Jahren zu viel geschenkt worden, wir haben vergessen, wie hart wir am Abgrund standen. Wir dürfen das niemals vergessen, sondern wir müssen uns immer wieder hineinversetzen in die furchtbare Zeit vor drei Jahren, um ermessen zu können, wie gigantisch die Größe dieses Führers ist, der das Volk vor dem Abgrund zurückriß, er ganz allein.

Und wir folgen der alten nationalsozialistischen Tradition, die in der Kampfzeit zum erstenmal aufsprang, die vom neuen Reich übernommen wurde, daß wir den ersten und den letzten Dank dem Führer zollen. Ich bitte Sie, mit mir den ersten Tag zu schließen mit dem Gelöbnis an den Führer, das sich ausdrückt in dem Sieg-Heil. Unser geliebter Führer Adolf Hitler: Sieg-Heil, Sieg-Heil, Sieg-Heil!"

Dem von der Versammlung begeistert aufgenommenen Gelöbnis der Treue folgten die Nationalhymnen, die von der Versammlung mit dem deutschen Gruß an Führer und Volk gesungen wurden.

Presse-Illustration Nortz, München.

Abb. 4. Reichsleiter Fiehler im Gespräch mit Prof. Franke auf dem Empfangsabend der Stadt München am 2. 7. 1936.

Nach der Tagesarbeit — und an dem regen Besuch der Fachberichte und der Versammlungen sah man, daß die Fachgenossen zu eifriger Arbeit nach München gekommen waren — ließen es sich Stadt und Gau Südbayern nicht nehmen, für gesellige Entspannung zu sorgen. Sicher werden alle Teilnehmer an den Begrüßungsabend im Deutschen Theater, den die Stadt ihren Gästen gab, noch lange Zeit mit großem Vergnügen denken. In dem nicht nur den Münchnern gut bekannten Deutschen Theater entwickelte sich, unterstützt durch glänzende Darbietungen auf der Bühne, sehr bald eine gehobene Stimmung, und auch in die heitere Kunst ist, wie man mit Freude feststellen konnte, Fernsehen und der Wahlspruch „Elektrizität in jedem Gerät" eingedrungen. Ja, man hatte sogar schon die Elektrotechnik überflügelt. Plastisches Fernsehen ist sicher in München im Deutschen Theater zum ersten Male geboten worden.

Als man sich am zweiten Abend im Kongreßsaal des Deutschen Museums wieder zusammenfand, da überkam die meisten wohl ein Staunen darüber, daß der Saal nicht nur als weihevoller Hintergrund für die Mitgliederversammlung, sondern auch als glänzender Rahmen für das festliche gemeinsame Essen wirkte. Sicher werden über seine Bühne nicht oft Darbietungen der leichtgeschürzten Muse gehen, und trotzdem hatte man nie das Gefühl, daß die Würde des Saales drückte. Das muß wohl am Zauber der ganzen Stadt München liegen, daß selbst an der Stelle ernster Arbeit der Frohsinn nicht unterdrückt wird.

Daß die Besichtigungen, zu denen die Tagungsteilnehmer aufgefordert wurden, vollste Befriedigung auslösten, versteht sich von selbst. Auch den Damen wurde viel Schönes gezeigt, während ihre Männer ernster Arbeit nachgingen, so daß sie auf die Tagungsarbeit selbst wohl keinen Groll gehegt haben werden. Am Sonnabendnachmittag stieg ein gemeinsamer Ausflug nach dem Chiemsee, und auch der Sonntag sah noch viele Fachgenossen als Gäste der großen Elektrizitätswerke im Gau Südbayern, die zu Besichtigungen ihrer größten und interessantesten Anlagen eingeladen hatten.

Wenn wir nun wieder heimgekehrt sind, so werden wir alle noch oft und gern an die schönen Tage in München denken und dem Gau Südbayern Dank für die viele Mühe wissen, mit der sein Leiter und seine Mitarbeiter die Tagung vorbereitet und betreut haben.

Harald Müller VDE.

[3]) ETZ 57 (1936) H. 27, S. 754, 789.
[4]) s. S. 887 d. Heftes.

Digitized by Google

Grundlagen und Ziele elektrotechnischen Arbeitens.

Ansprache auf der Mitgliederversammlung des VDE in München 1936.

Von Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. **W. Ohnesorge VDE**, Berlin.

Meine Damen und Herren!

Es ist mir eine besondere Freude, daß Sie unserer Einladung zur Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker so zahlreich Folge geleistet haben, und ich begrüße sowohl die Mitglieder unseres Verbandes, als auch die Gäste auf das herzlichste. Mein Gruß gilt insbesondere Ihnen, verehrter Herr Oberbürgermeister, der Sie uns bei unserer Mitgliedertagung die Ehre Ihrer Anwesenheit schenken, den Vertretern der Reichs- und Länderministerien, der Wehrmacht, den Vertretern des Beauftragten für Technik und deren Organisationen, den Ratsherren der Stadt München, den Vertretungen der Partei und ihrer Gliederungen, den Vertretungen von Industrie, Handwerk und Wirtschaft, den Hoch- und Fachschulen, den befreundeten Verbänden und den ausländischen Vereinen.

Meine lieben Freunde! Bevor wir unsere Arbeit beginnen, gedenken wir all derer, die uns im vergangenen Jahre durch den Tod entrissen wurden. (Die Versammlung erhebt sich von den Sitzen.) Über 60 Mitglieder haben wir im letzten Jahre wieder durch das unerbittliche Schicksal verloren. In Dankbarkeit erinnern wir uns ihrer und ihrer dem Verbande geleisteten Dienste. Mit dem Heimgang unseres Oberbaurats Alois Höchtl hat nicht nur der Verband Deutscher Elektrotechniker, sondern auch die Stadt München einen sehr verdienstvollen Mann verloren, sowohl als Wissenschaftler, als auch als Mensch, der durch sein gerades, aufrichtiges Wesen die Herzen seiner Mitarbeiter gewonnen hat; so wird uns Höchtl unvergessen bleiben. Mit Professor Dr. Wilhelm Kohlrausch ist ferner einer der bedeutendsten Männer der Elektrotechnik dahingegangen. Seine hervorragenden Arbeiten werden ihm in allen beteiligten Kreisen das Andenken bewahren. Sie haben sich zu Ehren der Verstorbenen von Ihren Sitzen erhoben; ich danke Ihnen.

Volksgenossen! Meine Damen und Herren! Wir stehen im vierten Jahre der Regierung Adolf Hitlers. Die abgelaufenen drei Jahre nationalsozialistischer Führung haben für unser in Mitteleuropa, dem Brennpunkt alles geschichtlichen europäischen Geschehens, wohnendes Volk nicht nur auf geistigem und politischem Gebiet die so notwendige Umwertung tragender Grundanschauungen, die Neuformung der volklichen Ausdrucksmittel im Staatsapparat und Erziehungswesen gebracht, sondern auch Wirtschaft und Technik, diesen beiden, den endgültigen Platz im Leben von Volk und Nation angewiesen.

Beide, Wirtschaft wie Technik, waren ja vordem in den Auswirkungen der rationalistischen Geistesepoche verstrickt gewesen, hatten deren in Deutschland über drei Jahrhunderte hin erfolgenden Ablauf zum Schluß beschleunigen helfen. Sie hatten in der Nachkriegszeit vielleicht gern den Einflüsterungen aus materialistischer Geschichtsauffassung ihr Ohr geliehen, daß, nachdem die politische Kraft Deutschlands vernichtet sei, Wirtschaft und Technik an deren Stelle treten müßten. Sie hatten dabei den furchtbaren Griff ins Leere tun und den eigenen Untergang vor sich sehen müssen. Ja, sie hatten eine Zeitlang das Los des Verfluchten mit sich herumschleppen müssen, daß nur ihre einseitig hochgezüchtete Entwicklung, daß nur das maschinelle Zeitalter im 20. Jahrhundert an all diesen deutschem Elend die Schuld trage.

Die abgelaufenen drei Jahre nationalsozialistischer Führung haben in ihrer Aufgabenstellung wie in der Durchführung dieser Aufgaben nun die große Lehre erteilt, daß gerade im Gegenteil Forschung und Technik nicht hoch genug entwickelt sein können, wenn ihnen nur das große politische Atmen und Leben vorausgeht. Die Deutsche Hansa wäre eine wirtschaftliche Großmacht geblieben, wenn Deutschland selbst es damals politisch geworden wäre. Und nachdem unser Land durch des Führers Genie und seine gigantische Willenskraft seine politische Ehre und Freiheit wiedergewonnen hat, wird die deutsche Technik auch wieder zu neuer, vordem nie geahnter Blüte heranreifen. Sie ist in der heutigen Zeit potenzierter Volkskraft und Massenanhäufung vielleicht sogar des Führers bestes Werkzeug. Sie hat sich nur bei allen ihren Unternehmungen endlich jener verstiegenen Selbstbeweihräucherung wie in der früheren jüdisch-rationalistischen Epoche zu enthalten und hat sich dafür der gleichen gesunden Skepsis zu befleißigen, die auch die großen politischen Führer, in erster Linie unseren geliebten Führer Adolf Hitler, auszeichnet bei allem Beginnen. Deutsche, arische Technik berauscht sich im Gegensatz zur jüdischen nicht am Sensationellen, scheidet nur Vermutetes und Unsicheres aus ihren Plänen aus, sondern prüft ihre neuen Gedanken an der Wirklichkeit. Ja sie zieht — ich zitiere hier, was Philipp Lenard in seinem neuen Werk „Deutsche Physik" ausführlicher behandelt — ihre größten Errungenschaften aus Kenntnissen, die oft weniger der Anwendung wegen, als aus dem unstillbaren Drang arischer Forscher nach immer besserem, erprobtem Verstehen der Natur gesucht und gefunden werden. Es kommt nicht nur darauf an, die Technik an sich zu pflegen, als vor allem den arischen Forschergeist lebendig zu erhalten.

Das ist, meine Volksgenossen, was sich im allgemeinsten über Lage, Aufgaben und Förderung der deutschen Technik und damit auch der deutschen Elektrotechnik ergibt. Es liegen darin zugleich die großen Richtlinien, denen alle an der Förderung der Technik beteiligten Kreise zu folgen haben und die auch in unserem Verbandsleben zum Ausdruck kommen.

Aus der Verbandsarbeit im abgelaufenen Jahre möchte ich selbst nur drei der wichtigsten Punkte herausgreifen: die Werbung für den Verband, die Förderung der Forschung und die Betreuung des Nachwuchses, die Jugendführung.

Digitized by Google

Meine Volksgenossen! Wenn es schon in den vorhergehenden Jahren gelungen war, durch Zusammenschluß vieler selbständiger Einzelvereine den in Gaue gegliederten Verband Deutscher Elektrotechniker in seiner jetzigen Zusammensetzung zu schaffen, so waren wir im letzten Jahr besonders bemüht, durch Werbung von Einzelmitgliedern den Verband weiter zu stärken. Es ist uns gelungen, im verflossenen Jahr mehr als 1300 neue Mitglieder zu gewinnen. Ich muß dabei betonen, daß unsere Werbung keineswegs auf marktschreierische Methoden abgestellt war, sondern daß wir uns zum Grundsatz gemacht haben, nur durch die Leistung zu werben. Unsere neugewonnenen Mitglieder haben wir nicht durch Reklame oder vielsagende Versprechungen zu uns gezogen, sondern sie sind freiwillig gekommen, wohl aus der Erkenntnis, daß der VDE die Berufsorganisation ist, in der sie ihr fachliches und berufliches Können am besten zu erweitern und zu vervollkommnen vermögen.

Was die Förderung der Forschung anlangt, so haben wir im vergangenen Jahr besonders an dem Ausbau der unter der Leitung von Herrn Prof. Franke stehenden wissenschaftlichen Säule des Verbandes und an den damit zusammenhängenden Aufgaben auf dem Gebiet des Vortragswesens, der Forschung und der wissenschaftlichen Fortbildung unserer Mitglieder gearbeitet. Der wissenschaftlichen Abteilung ist bestimmt auch ein wesentlicher Anteil an der erfolgreichen Werbetätigkeit zuzuschreiben. Sie hatte in letzter Zeit mehrfach Gelegenheit, das Vortragswesen und die Schulung unserer Berufskameraden richtunggebend zu beeinflussen. Früher waren es nur die größeren und finanziell bessergestellten Gaue, die eine planmäßige Schulung ihrer Mitglieder und die Abhaltung regelmäßiger Fachvorträge ermöglichen konnten, während den kleineren Gauen hierzu meist die Möglichkeit und auch die Mittel fehlten. Heute sorgt die Zentralstelle dafür, daß den einzelnen Gauen wissenschaftlich wertvolle Vorträge und Filme sowie geeignete Redner zur Verfügung gestellt werden, und bürgt somit nicht nur für die Erhaltung, sondern auch für die Höherstellung des wissenschaftlichen Niveaus des Verbandes. Wir haben nur die Bitte, daß uns von den Gauen recht viele Anträge in dieser Richtung vorgelegt werden möchten; sie werden gerne und, wie ich glaube, durchwegs erfüllt werden können. In enger und vertrauensvoller Zusammenarbeit mit den politischen Organisationen, insbesondere mit dem NSBDT, hat der VDE in seine Vortragsreihen selbstverständlich weltanschauliche Vorträge aufgenommen. Arbeit und Technik können nur zum Nutzen für die Allgemeinheit werden, wenn sie beseelt und getrieben sind von dem unerschütterlichen Willen für das Reich und das Wohl des Volkes zu wirken. Die Vermittlung dieser Erkenntnis an alle seine Mitglieder hat sich der VDE mit zum Ziele gesetzt. Er will die Masse der Fachgenossen zur wahren Gemeinschaft zusammenschließen und damit einen kleinen Baustein zur großen Volksgemeinschaft beitragen.

Die eigentliche Forschungsarbeit des Verbandes konnte dank der hochherzigen Spende des Gaues Berlin-Brandenburg wesentlich erweitert werden; es wurden im vergangenen Jahr verschiedene Stipendien zu Forschungszwecken vergeben. Wir haben ferner darüber hinaus neue Mittel für Preisausschreiben bereitgestellt, die dem Ansporn dienen und das wissenschaftliche Leben im Verbande befruchten sollen.

Dem gleichen Zweck dient der weitere Ausbau der ETZ. Die Aufsätze werden kürzer gefaßt und inhaltswertvoller gestaltet, indem sie mit reichlicherem Material ausgestattet werden. Die Berichterstattung über ausländisches Schrifttum ist reichhaltiger und schneller geworden, wodurch dem Leser Kosten für das Halten ausländischer Zeitschriften möglichst erspart werden sollen. Die Auflage der ETZ hat sich in den letzten drei Jahren um annähernd 1500 Exemplare erhöht; der Umfang der Zeitschrift ist von 1250 Seiten in den Jahren 1932/33 auf 1500 Seiten im letzten Jahre gestiegen. Durch immer weitere Verbreitung der ETZ über die Grenzen des Reiches hinaus wird auch das Ausland von der Leistungsfähigkeit der deutschen Elektrotechnik überzeugt und damit der Boden für den wirtschaftlich so erforderlichen Export weiter vorbereitet werden.

Nebenher gingen die weitere Entwicklung des Vorschriftenwerks des VDE und die damit zusammenhängenden Fragen. Dieses große umfangreiche Werk, das heute von den Reichsministerien als gesetzliche Grundlage angesehen wird, ist nur aus freiwilligen Beiträgen der Mitglieder des Verbandes entstanden. Der VDE ist mit der Herausgabe des Werkes, das übrigens auch in vielen Auslandsstaaten als Grundlage für die elektrotechnischen Vorschriften gilt und das der Verband selbst in mehreren Sprachen herausgegeben hat, vorbildlich gewesen. Die Vorschriften des Werkes wirken sich dabei so einschneidend auf die Berufstätigkeit der deutschen Elektrotechniker und damit aller unserer Mitglieder aus, daß jeder einzelne davon durchdrungen sein sollte, daß auch er durch den Zusammenschluß in unserem Verband ein so großes Werk ermöglicht und fördert.

Als dritte grundsätzliche Aufgabe hat es der Verband Deutscher Elektrotechniker angesehen, sich des Nachwuchses, der Jungingenieure, besonders anzunehmen. Unsere Jungingenieure sollen nicht auf sich allein angewiesen sein oder tastend und hilfesuchend nach Erweiterung ihres Gesichtskreises Ausschau halten müssen. Sie sollen im VDE die Gemeinschaft finden, in der sie ihr Wissen festigen und erweitern können, in der sie daneben hören, daß die eigene Arbeit nur Zweck hat, wenn sie auf das große Ganze, auf die Gemeinschaft ausgerichtet ist. Wir stehen ihnen mit Rat und Tat zur Seite und fördern sie in ihrem Vorwärtsstreben durch technisch-wissenschaftliche und weltanschauliche Schulung. Wir versuchen dabei zu vermeiden, daß unsere Jungingenieure zu einseitigen Spezialisten herangezogen werden.

Liebe Berufskameraden, verehrte Gäste, ich glaubte Ihnen diese allgemeinen Ausführungen vorweg schuldig zu sein. Die Einzelheiten aus dem Verbandsleben des abgelaufenen Jahres wird der Bericht unseres Geschäftsführers, Dipl.-Ing. Blendermann, bringen.

Hiermit gebe ich das Wort weiter.

Digitized by Google

Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik.

Hauptvortrag zur Mitgliederversammlung des VDE in München 1936.

Von Professor Dr. W. Petersen VDE, Berlin.

621. 3. 001. 6

Herr Staatssekretär! Liebe Berufskameraden!

Als an mich die ehrenvolle Aufforderung erging, den Vortrag auf der diesjährigen Hauptversammlung zu halten, da gewann ich die Überzeugung, daß kein Thema, kein Vorwurf besser der Stätte dieses Vortrages angepaßt sein könnte als das Thema

„Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Elektrotechnik".

Denn hier im Deutschen Museum kann man an zahlreichen wundervollen Beispielen das Wachsen und Werden von so mancher technischen Großtat von ihren ersten Anfängen ab verfolgen. Aber noch ein anderer Gedanke hat mich bei der Wahl dieses Themas geleitet. In Zeiten eines so stürmischen Aufbaues, wie es uns vergönnt ist, sie heute zu durchleben, ist man leicht geneigt, alle verfügbaren Kräfte ausschließlich in den Dienst des Aufbaues zu stellen und läuft Gefahr, die Forschung und Entwicklung auf weite Sicht in den Hintergrund treten zu lassen. Ihre Bedeutung ins rechte Licht zu rücken, soll meine Aufgabe sein. Hierbei muß ich mich auf einzelne Schlaglichter beschränken, die vielleicht besser als ein erschöpfender Vortrag das Ziel erreichen.

Das Suchen nach der Erkenntnis ist die Triebfeder der reinen Forschung. Ihre Ergebnisse können Jahre und Jahrzehnte lang rein wissenschaftliches Gut bleiben, bis ihre Nutzanwendung in den Dienst der Menschheit gestellt wird. Dann setzt die zweckgebundene Forschung ein, welche der Entwicklung den Weg bereitet, die sowohl die technische, wie auch die fabrikatorische Seite erfassen muß. Wenn die erste Entwicklung längst abgeschlossen ist und wenn das Produkt der Entwicklung schon längst als Gut auf dem Markte liegt, dann reißt die Entwicklung nicht ab, sie arbeitet weiter und weiter und verarbeitet die ihr zufließenden neuen Ergebnisse nicht nur der zweckgebundenen Forschung, sondern auch die der reinen Forschung.

In der klaren Erkenntnis der Bedeutung der reinen Forschung sind die großen Forschungsinstitute der Industrie geschaffen worden. Sie sind in erster Linie die Stätten einer wissenschaftlichen Arbeit, die völlig fern von den Aufgaben und dem Lärm des Tages der reinen Forschung dienen. Es werden dort Arbeiten durchgeführt, es werden dort Erkenntnisse gewonnen und Entdeckungen gemacht, die häufig in keiner Weise auch nur in dem geringsten Zusammenhang mit den fabrikatorischen Interessen der Firmen stehen. Daneben haben allerdings diese Forschungsinstitute auch die Aufgabe der zweckgebundenen Forschung. In den Laboratorien der einzelnen Werke liegt dann ein Teil der Entwicklung und liegt ein wesentlicher, vielleicht sogar der größte Teil der zweckgebundenen Forschung.

Es ist vielleicht in diesem Zusammenhang nicht ganz uninteressant, wenn ich die Summe nenne, die beispielsweise von vier großen deutschen Firmen der Elektroindustrie für die Entwicklung und Forschung ausgegeben wird. Sie hat im vergangenen Jahr den Betrag von 20 Mill RM überschritten. Ein kurzsichtiger Rechner würde vielleicht Anstoß an dieser Zahl nehmen. Sie belastet tatsächlich die hierfür Verantwortlichen außerordentlich schwer. Aber die Verantwortlichkeit besteht nicht nur dem Unternehmen gegenüber, sondern sie besteht auch der deutschen Volkswirtschaft gegenüber. Wohl könnten einige Zeitlang erhebliche Teile dieser Summen eingespart werden, wohl könnte man von dem Übernommenen, wohl könnte man von den Erkenntnissen und Forschungsergebnissen anderer leben, aber nicht sehr lange Zeit. Einmal, in nicht zu ferner Zeit käme der Tag, an welchem die deutsche Elektrotechnik in die zweite oder dritte Linie zurückfallen würde, an welchem die deutsche Elektrotechnik vom Weltmarkt verschwinden würde, und Arbeitslosigkeit würde die Quittung für eine kurzsichtige Sparsamkeit sein.

Abb. 1. Verstärker-„Relais" nach von Lieben aus dem Jahre 1912.

Abb. 2. Verstärker-Rohr in der Ausführung Schottky aus dem Jahre 1915.

In wenigen Tagen jährt sich zum 25. Male der Tag, an dem die Verstärkerröhre von Lieben, ein Gebilde, ein Produkt der reinen Forschung, die erste Berührung mit der Technik, der technischen Entwicklung fand. Am 3. August 1911 führte Prof. Nernst vom Physikalisch-chemischen Institut der Universität Berlin gemeinschaftlich mit Robert von Lieben, seinem ihm befreundeten Schüler, Vertretern der Industrie die Liebensche Verstärkerröhre vor. Mit staunenswerter Klarheit und Sicherheit erkannten alle Beteiligten sofort die außerordentliche Bedeutung dieser Verstärkerröhre.

Um dies zu verstehen, sei daran erinnert, daß zur damaligen Zeit das Fernsprechen über längere Kabelstrecken ein Ding der Unmöglichkeit war. Es war damals möglich, über ein 0,8 mm-Kabel knapp 50 km zu telephonieren, dann war bereits das aufgegebene Gespräch auf $^1/_{33}$ seiner Lautstärke gesunken. Es war möglich, mit stärkerem Querschnitt, mit einem Drahtdurchmesser von 2 mm, auf 100 km Entfernung zu sprechen. Wohl war damals die Pupinisierung der Leitungen bekannt, ebenso ihre prak-

Digitized by Google

tische Verwendung, aber die Ausdehnung der Sprechmöglichkeit war nicht sehr groß. Nach den technischen Erkenntnissen der damaligen Zeit konnte man ungefähr die Reichweite verdoppeln, d. h. also mit einem 0,8 mm starken Kabel vielleicht auf eine Entfernung von 100 km kommen. Der Gedanke, der Traum eines Fernsprechens von Stadt zu Stadt, eines Fernsprechens von Land zu Land über Kabel, mußte damals zurückgestellt werden, und für das Fernsprechen auf größere Entfernungen, etwa von Berlin nach Frankfurt oder von Berlin nach Köln konnten nur Freileitungen mit Querschnitten ausgeführt werden, welche an die Querschnitte ganz beachtlicher Starkstromleitungen herankamen. Man wird deshalb verstehen, mit welcher Begeisterung an den Gedanken der Verstärkerröhre von Lieben herangetreten wurde.

Weiterhin zeigt sich das schöne Bild einer Gemeinschaftsentwicklung. Nicht eine einzelne Firma sicherte sich das Patent, nein, vier Firmen, die AEG, Siemens & Halske, Felten-Guilleaume und Telefunken bildeten gemeinschaftlich eine Gesellschaft. Die Entwicklung fand unter stetem Austausch der Erfahrungen z. T. im Kabelwerk Oberspree, z. T. bei Siemens & Halske, und später bei Telefunken statt.

Am 1. März 1912 wurde das erste große Laboratorium für diesen Zweck in Betrieb genommen, und bereits wenige Monate später trat man an die Reichspost heran, um Fernsprechversuche auf große Entfernungen zu machen. Die Reichspost, die diese ganze Frage in einer ganz wundervollen Art und Weise gefördert hat, ohne deren dauernde Mitarbeit das große Werk kaum denkbar ist, begeisterte sich genau so wie die anderen für den Gedanken, und schon nach kurzer Zeit kamen die ersten Ergebnisse. Es soll nicht meine Aufgabe sein, schrittweise die Arbeiten weiterzuverfolgen. Nur an Hand von zwei Bildern zeige ich, welche Entwicklung die Röhre innerhalb weniger Jahre durchgemacht hat. Sie sehen in Abb. 1 die ursprüngliche Bauform eines „Verstärkerrelais" nach von Lieben, und zum Vergleich dazu, als anschauliches Beispiel von der Raschheit, mit der die Entwicklung vorgetrieben wurde, sehen Sie aus dem Jahre 1915, also vier Jahre später, eine Röhre, welche im Laboratorium von Siemens & Halske entstand, nämlich die Ausführung der Verstärkerröhre in der von Schottky gegebenen Form (Abb. 2). Sie sehen an dieser Röhre, die sich in vielen Dingen kaum von unseren heutigen Röhren unterscheidet, wie rasch die Entwicklung vor sich gegangen war. In den Kriegsjahren erfuhr die Verstärkerröhre ihre Feuerprobe im wahrsten Sinne des Wortes.

Wo liegen die ersten Anfänge der Röhrentechnik? Man muß, um diese Frage zu beantworten, weit in die Geschichte der Physik zurückgehen. Es taucht vor mir auf der Name Plücker, der vor hundert Jahren an der Universität Bonn wirkte, dann der Name seines Schülers Hittorf und seines Mechanikers Geißler, unter dessen Namen die Plückerschen Entladungsröhren in die ganze Welt hinausgingen. Es taucht weiter eine große Reihe von Namen auf — ich kann sie nicht alle aufzählen, es ist vielleicht genug, wenn ich Lenard, Röntgen, Stark nenne —, und die lange Reihe schließt ab mit dem Namen Wehnelt, der die Oxydkathodenröhre geschaffen hat. Die Oxydkathodenröhre ist die erste Entladungsröhre, welche schon bei einer niedrigen Spannung, nicht einer hohen Spannung wie früher, eine Entladung der Röhre ergab oder, wie man heute sagt, bei der eine sehr starke Elektronenemission unter sehr niedriger Spannung auftrat. Wehnelt erkannte auch schon die Verwendungsmöglichkeit der Oxydkathodenröhre für den Zweck der Gleichrichtung.

Dann kamen die Versuche, auf magnetischem Wege, auf elektrischem Wege und auf anderen Wegen, die Elektronenemission zu steuern. Sie führten für die Entwicklung der Verstärkerröhre zu keinem positiven Ergebnis, sie haben aber auf anderen Gebieten — ich nenne auch nur Stichworte wie die Braunsche Röhre, die Fernsehröhre und den Kathodenstrahloszillograph — ganz ausgezeichnete Ergebnisse gebracht und zu wichtigen Anwendungen geführt. Jedoch erst der Gedanke von Lieben, der Einschaltung eines Gitters, war der entscheidende Schritt.

Das Gitter brachte uns die Verstärkerröhre — und damit die Grundlage für das Aufblühen von neuen Industriezweigen, die vielen Zehntausenden Arbeit und Brot geben: die Fernkabeltechnik und die Rundfunktechnik, und es beeinflußt durchgreifend die noch im Werden begriffene Technik der Entladungsgefäße, die manche Umwälzung in der Elektrotechnik nach sich ziehen wird.

Die durch die Verstärkerröhre erschlossene Möglichkeit des Fernsprechens über längere Kabelstrecken steigerte von Tag zu Tag die Anforderungen an die Eigenschaften der Fernsprechkabel. In engstem, mühevollem Zusammenwirken von Wissenschaft und Technik mußte unter Heranziehung der feinsten und geistreichsten Arbeiten aus der Theorie des elektromagnetischen Feldes das verwickelte Leitergebilde eines vielpaarigen Kabels mit Mantel geklärt werden. Sie wissen alle, daß eine Doppelleitung ohne Blitzseil mit sechs Leitern insgesamt sechs Teilkapazitäten gegen Erde, fünfzehn Teilkapazitäten zwischen Leiter und Leiter und ebensoviel (21) Teilinduktivitäten besitzt. Und nun stellen Sie sich bitte vor, wie groß die Zahl der Teilkapazitäten und -induktivitäten eines vieladrigen Kabels ist. In einem 218paarigen Fernkabel bestehen

630 Kopplungen im Vierer,
906 Kopplungen zwischen benachbarten Verseilelementen,
17 832 Kopplungen zwischen Verseilelementen benachbarter Lagen,

abgesehen von den zahlreichen Kombinationen zwischen weiter auseinanderliegenden Sprechkreisen. Die kapazitiven Kopplungen bestimmten für normale Sprechkreise im wesentlichen das Nebensprechen. Die induktiven Kopplungen rückten in den Brennpunkt der Entwicklung der ausreichenden Störfreiheit, als die Forderung des Trägerstrombetriebes auftauchte.

Die kapazitive Kopplungsfrage erfuhr in den Jahren 1928 bis 1932 eine fast abschließende Klärung, während die Frage der induktiven Kopplungen 1932 in Angriff genommen wurde und heute vor einem gewissen Abschluß steht.

Die Arbeiten bauen auf den theoretischen Arbeiten vieler Jahrzehnte der Mathematiker, Physiker und Elektrotechniker auf, sie wären ohne den Schatz an Wissen und Erkenntnissen der reinen Forschung von Generationen nicht möglich.

Aber die Entwicklung der Fernkabeltechnik erfordert nicht nur die Verarbeitung reiner Forschungsergebnisse, sie erfordert auch eine bis in die kleinsten Einzelheiten gehende Vertiefung in die Fabrikation, in den Aufbau und die Arbeit der Kabelmaschinen. Immer wieder müssen Probierlängen neuer Konstruktionen gefahren werden — selbst wenn es sich um scheinbar belanglose Änderungen handelt. Eine Unsumme von Messungen und von sta-

Digitized by Google

tistischen Beobachtungen über lange Zeiträume muß die Innehaltung der Eigenschaften sichern. Auf welche Feinheiten und Einzelheiten geachtet werden muß, möge eine Beobachtung zeigen. Noch vor wenigen Jahren wurden zur Unterscheidung einzelner Adern farbige Papiere verwendet. Die den sich immer mehr steigernden Bedingungen angepaßten Meßverfahren deckten die Tatsache auf, daß die verschiedene Färbung geringe Unterschiede in den Teilkapazitäten bringt, Unterschiede, welche unsere verfeinerten Verstärkersätze nicht mehr dulden. Die Einfärbung des Papieres mußte verlassen werden. Und mit welcher Genauigkeit die Fabrikation arbeiten muß, lehrt die Tatsache, daß die Änderung der Unterschiede im Abstand

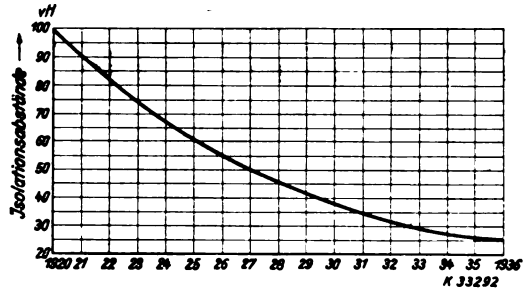


Abb. 3. Fortschritte der Isolationstechnik an Transformatoren für 110 kV.

der beiden Adern eines Paares von der Umgebung um nur 0,01 mm auf eine Länge von etwa 500 m bereits aus dem Bereich der zulässigen Streuung der Kapazitätswerte führen kann — und das bei unserer Papier-Luftraum-Ader, einem hohlen, empfindlichen Gebilde, das einen Fabrikationsprozeß in großen, schweren Maschinen mit erheblichen Zug- und Druckbeanspruchungen durchlaufen muß.

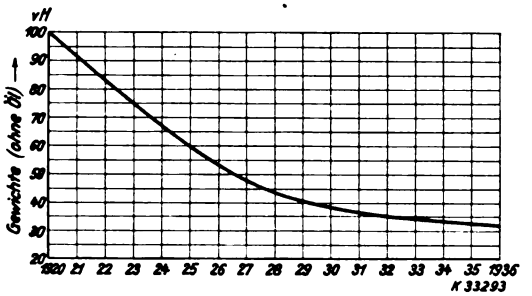


Abb. 4. Gewichtsverminderung von Großtransformatoren 30 000 kVA, 110 kV, mit Ölumlauf und äußerer Fremdlüftung bzw. äußerer Wasserkühlung.

Unterstützt wurde diese Entwicklung durch die Anwendung der letzten Verfahren einer hochentwickelten Meßtechnik.

Die Elektrotechnik verdankt nicht zum mindesten ihre Entwicklung dem Umstand, daß schon in frühester Zeit die Wichtigkeit der Messung erkannt wurde. München ist der Platz, an dem Oskar von Miller die elektrotechnische Ausstellung im Jahre 1882 so aufgezogen hat, daß diese Ausstellung in Wirklichkeit ein großes meßtechnisches Laboratorium war, in welchem jede einzelne Maschine, jeder einzelne Apparat durchgemessen wurde. Hier wurden die ersten Unterlagen für die Durchrechnungen in der Elektrotechnik gegeben. Oskar von Miller war der Mann, welcher die entscheidende Bedeutung der messenden Verfolgung eines technischen und physikalischen Vorgangs in der Elektrotechnik aufgezeigt hatte. Seine Hoffnung, die Ausstellung als bleibende Forschungsstätte zu erhalten, konnte nicht erfüllt werden.

Der Fortschritt der Elektrotechnik vollzieht sich vielfach nicht in Prozenten sondern in Zehntelprozenten. Besäßen wir nicht unsere hochentwickelten Meßgeräte und -verfahren, so wäre so mancher Fortschritt gar nicht denkbar, weil in seinen ersten Ansätzen nicht nachweisbar. Wenn heute irgendwo ein Forscher im stillen Laboratorium das feinste Meßverfahren ausgearbeitet hat, um irgendeinen Vorgang zu untersuchen, so finden wir es morgen in unseren Betrieben — immer mit dem Ziel der Verbesserung unserer Leistungen, der Verbesserung der Arbeitsverfahren und Maschinen.

Nur mit Hilfe einer hochentwickelten Meßtechnik konnten z. B. die Fortschritte im Transformatorenbau erzielt werden, wie sie die Abb. 3 und 4 zeigen — auch eine Entwicklung, die nur möglich war, durch stetige Verarbeitung der Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der elektrischen Festigkeitslehre, durch stetige Verbesserung der Eigenschaften der Isolierstoffe und des Eisens, um das Wichtigste zu nennen.

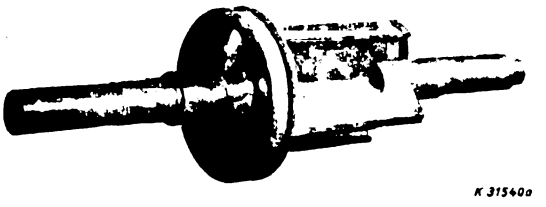


Abb. 5. Geschweißter Läufer eines Drehstrommotors. Läuferdurchmesser 570 mm, Länge 1500 mm, Gewicht 500 kg.

Zu den Entwicklungsfaktoren ist in der letzten Zeit noch ein neuer hinzugetreten: die Rohstoff-Frage. Der Berechner und Konstrukteur hat außer den technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Devisenlage zu berücksichtigen. Er muß genau wissen, wieviel Devisen im Eisen, in den Isolierstoffen, in Öl und Kupfer stecken; er wägt das Verhältnis der Baustoffe so gegeneinander ab, daß der Mindestaufwand an Devisen gesichert ist. Man erlebt mit derartigen Untersuchungen manche Überraschung, wie z. B. die, daß bei dem schematischen Ersatz des Kupfers durch Aluminium im Transformator die Devisenersparnis im Kupfer durch den Devisenmehrbedarf im Eisen und Öl überschritten werden kann, da das Gesamtgewicht bei gleicher Leistung steigt. Nebenbei bemerkt, haben ähnliche Studien zu manchen erfreulichen Fortschritten allgemeiner Art geführt.

Das gleiche Streben nach Gewichtsverminderung, das im Transformatorenbau zu so bedeutenden Erfolgen geführt hat, beherrscht auch den Elektromaschinenbau. Rahmen, Gehäuse, Anker usw. bis zu den Fahrgestellen der Lokomotiven einerseits, die feinsten Draht- und Blecharbeiten anderseits werden heute mit wenigen Ausnahmen geschweißt. Unter Mitwirkung der Forschungsstätten ist eine nicht auf der Empirie, sondern auf einer sicher beherrschten technisch-wissenschaftlichen Grundlage ruhende Schweißtechnik enstanden, die ihre Erfolge nicht zum mindesten der Anwendung von genauen Rechenverfahren und der feinsten Meßverfahren verdankt. Abb. 5, die den Läufer eines großen, raschlaufenden Drehstrommotors wiedergibt, vermittelt eine Vorstellung von der Kühnheit neuzeitlicher Konstruktionen — die nur möglich ist, wenn jede Einzelheit praktisch und theoretisch beherrscht wird.

Wenn ich jetzt mit einem großen Gedankensprung auf die Grundlage der Elektrotechnik, die elektromagnetische Induktion übergehe, so tue ich das, um zu zeigen, wie auf einem seit Jahrzehnten nach allen Richtungen

Digitized by Google

durchforschten Gebiet neue Forschungsergebnisse zu neuen Fortschritten führen.

Im Jahre 1830 entdeckte Faraday die elektromagnetische Induktion, keine zufällige Entdeckung, sondern die Frucht eines langjährigen Suchens. Blättert man die Notizbücher und Aufzeichnungen Faradays durch, so liest man immer wieder den jahrelang von ihm sich selbst gegebenen Befehl, nach dem Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus zu suchen, bis nach vielen fehlgeschlagenen Versuchen die Aufgabe gelang. Das Jahr 1830, das Jahr der Entdeckung der elektromagnetischen Induktion, ist das Geburtsjahr der Elektrotechnik, denn auf der elektromagnetischen Induktion beruht der Stromerzeuger, beruht der Transformator, beruht unsere Starkstromtechnik.

Zeit, als bei Gewittern, bei Kurz- und Erdschlüssen im Netz die Transformatoren reihenweise verbrannten, erinnert sich des hohen jährlichen Ausfalls an Transformatoren, der zum erheblichen Teil durch Windungsschlüsse insbesondere in den Eingangsspulen verursacht wurde.

Die Erkenntnisse, daß die stoßartige elektrische Beanspruchung durch Sprungwellen die Ursache der unheilvollen Zerstörungen war, führte auf die verschiedenen Arten der Umbildung der Wellenstirn (Drosselspulen, Kondensatoren, geeignete Leitungsführung). Die Erkenntnis der übergroßen Beanspruchung der Eingangswindungen führte auf die Verstärkung ihrer Isolation.

Beides waren Abwehrmaßnahmen, welche die Technik immer als erstes ergreift, um sich dann der Beseitigung der Ursache zuzuwenden. Parallel dazu liefen Versuche

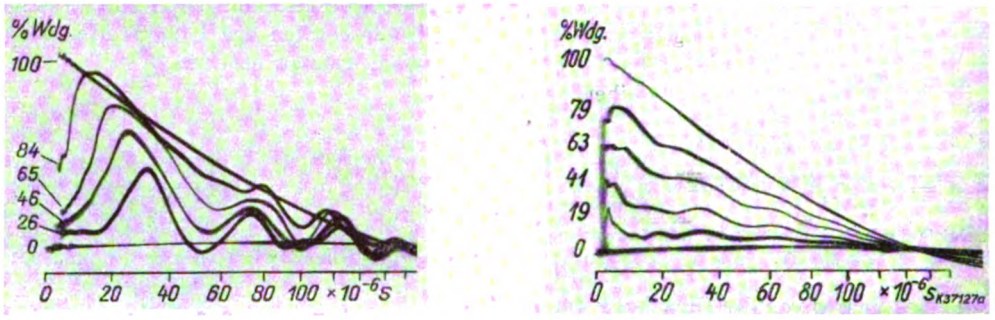


Abb. 6. Durch Sprungwelle ausgelöste Spannungsverteilung und Spannungsverlauf eines gewöhnlichen (links) und eines schwingungsfreien (rechts) Transformators.

1842 erbaute Pixii als einer der ersten Nutzanwendungen die erste magnetelektrische Maschine mit festen Spulen und bewegtem Stahlmagnet. 1844 vergrößerte Stöhrer die Zahl der Stahlmagnete und die Zahl der Spulen, somit schuf er die erste mehrpolige Maschine. Auf den Gedanken von Stöhrer aufbauend, wurde von der Compagnie Alliance im Jahre 1855 der erste für die Ausrüstung von Leuchttürmen bestimmte Stromerzeuger mit festen Stahlmagneten und rotierenden Spulen gebaut. Eine dieser von Nollet entworfenen Maschinen aus dem Jahre 1859 steht im Deutschen Museum[1]).

1856 kam der Doppel-T-Anker von Werner von Siemens, das Urbild des Nutenankers, 1860 die Gleichstrommaschine von Pacinotti, die später unter dem Namen ihres Fabrikanten Gramme weltbekannt wurde. 1863 erfolgte die Einführung des Elektromagneten an Stelle des Stahlmagneten durch Wilde[2]), und 1866 die Entdeckung des dynamo-elektrischen Prinzips, die Selbsterregung der Gleichstrommaschine durch Werner von Siemens. Der Aufschwung, den die Stromerzeugung und mit ihr die Stromerzeuger durch die Einführung der Glühlampen nahm, ist uns allen geläufig.

Der Transformator wurde sofort in allen physikalischen Laboratorien ein beliebtes Gerät. Bereits im Jahre 1851 schuf Ruhmkorff die erste Meisterleistung, nämlich den Funkeninduktor auf der Pariser Weltausstellung. Die Einführung des Transformators in die Technik der Stromversorgung erfolgte in den 80er Jahren.

Ich übergehe die Unsumme an Forscherarbeit und an Entwicklungsarbeit, die auf den Transformator von heute geführt hat; zwei Beispiele der jüngsten Zeit sollen ihr Zusammenspiel erläutern:

Ein jeder von uns, der in früherer Zeit im Überlandbetrieb tätig gewesen ist, erinnert sich mit Grausen der

mit dem klar erkannten Ziel der Umbildung des elektrischen Feldes durch Schilder, Schirmungsringe usw., um die kapazitive Spannungsverteilung in der Wicklung zu mildern. Doch tappte man mehr oder minder im Dunkeln, denn es fehlte das geeignete Meßgerät. Denn zur Messung der Spannung an einzelnen Windungen und Spulen dienten meist kleine Funkenstrecken, obwohl man sich bewußt war, daß diese Geräte durch viele Meßfehler beeinflußt wurden, und obwohl es klar war, daß die Zeitdauer der gemessenen Vorgänge zu kurz war, um von den Funkenstrecken sicher erfaßt zu werden. Es ist nicht möglich, auf Grund einiger ungenauer Höhenmessungen das Relief einer Landschaft darzustellen.

Erst der im Laboratorium des Forschers entstandene Kathodenstrahloszillograph brachte schlagartig Licht in das Dunkel, bestätigte und ergänzte eine Reihe von Auffassungen, die sich vorsichtig an Hand zahlloser früherer Forschungen gebildet hatten.

Das Auftreffen einer Wanderwelle führt im Augenblick des Auftreffens zu einer Spannungsverteilung längs der Wicklung „der Anfangsverteilung", welche ausschließlich durch die kapazitiven Eigenschaften des Transformators bestimmt wird. Abb. 6 links gibt den Verlauf der Spannung an einzelnen Wicklungsteilen in Anhängigkeit von der Zeit. Die Spannung für 100 % der Wicklung gibt den zeitlichen Verlauf der Spannungswelle an der Klemme des Transformators. Man erkennt, daß die zur Zeit $t = 0$ z. B. an 84 % der Wicklung erscheinende Spannung nur rd. 50 % der an 100 % erscheinenden Spannung ist, d. h. auf 16 % der Wicklung entfallen volle 50 % der Stoßspannung.

Die Anfangsspannung ist, wie gesagt, ausschließlich durch die kapazitiven Eigenschaften bestimmt, sie stellt den ersten Grenzfall dar; die Induktivitäten der Wicklung wirken zur Zeit $t = 0$ als Sperren. Der zweite Grenzfall „die Endverteilung" ist dagegen im wesentlichen gerad-

[1]) ETZ 57 (1936) S. 730.
[2]) Den ersten Vorschlag des Ersatzes der Stahlmagnete durch Elektromagnete machte Sinnsteden 1851.

Digitized by Google

linig. Da beide Verteilungen voneinander abweichen — und zwar in hohem Maße —, erfolgt der Übergang von der einen auf die andere als Ausgleichsvorgang, als Schwingung. Ihr Verlauf in den einzelnen Wicklungsteilen ist in Abb. 6 links sehr gut zu verfolgen.

Wäre es möglich, durch konstruktive Maßnahmen die Anfangsverteilung mit der Endverteilung zusammenfallen zu lassen, so würde der Anlaß zu inneren Ausgleichsschwingungen beseitigt werden.

Diese Möglichkeit liegt vor, wie Abb. 6 rechts zeigt. In dem „schwingungsfreien" Transformator entspricht die Spannungsverteilung längs der Wicklung zur Zeit $t = 0$ wie auch in späteren Zeiten im wesentlichen der proportionalen Aufteilung der Stoßspannung an den Klemmen. Die Schwingungen sind bis auf kleine ungefährliche Reste beseitigt.

Der Forscher stellte der Entwicklung, dem Konstrukteur, die klare Aufgabe, in der Wicklung die kapazitive und die magnetische Kopplung aneinander anzugleichen. Und diese Aufgabe konnte für alle Formenreihen gelöst werden.

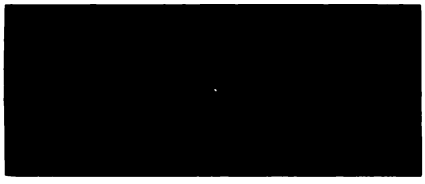


Abb. 7. Magnetisierungsstrom eines Einphasentransformators.

Mit der Entwicklung des schwingungsfreien Transformators sind Bedingungen, wie sie seinerzeit z. B. für 100 kV-Transformatoren hinsichtlich der Isolation der Eingangswindungen (mindestens 100 kV kurzzeitige Festigkeit zwischen Windung und Windung) und der Windungen auf dem Schenkel (60 kV zwischen Windung und Windung) gestellt wurden, hinfällig geworden.

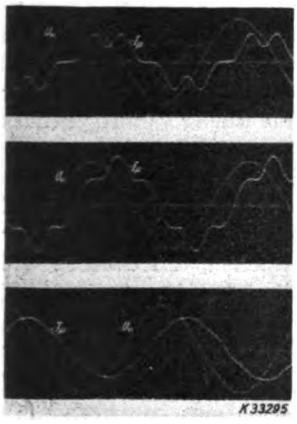


Abb. 8. Magnetisierungsstrom eines Transformators mit magnetischem Rückschluß.

Oberes Bild:
Stern-Stern-Schaltung.

Mittleres Bild:
Stern-Stern-Schaltung mit geschlossener, tertiärer Dreieckwicklung.

Unteres Bild:
tertiäre Dreieckwicklung über passende Spule geschlossen.

Ein weiteres Beispiel der Befruchtung der technischen Entwicklung durch die Forschung ist die Umbildung des Magnetisierungsstromes von Dreiphasentransformatoren. Kaum war die Joubertsche Scheibe in die Laboratorien gelangt, als schon die ersten Aufnahmen an Einphasentransformatoren (Abb. 7) erfolgten. Die Erkenntnisse, die sie vermittelten, bildeten jahrzehntelang wissenschaftliches Gut. Interessant und rätselhaft wurde die Magnetisierungsstromfrage, als später die Aufnahmen seines Verlaufs in Dreiphasentransformatoren folgten, zumal dieser je nach Bauart und Schaltung des Transformators einen anderen Charakter zeigt. Sie sehen in Abb. 8 (oberes Bild) den Magnetisierungsstrom eines Dreiphasentransformators mit freiem

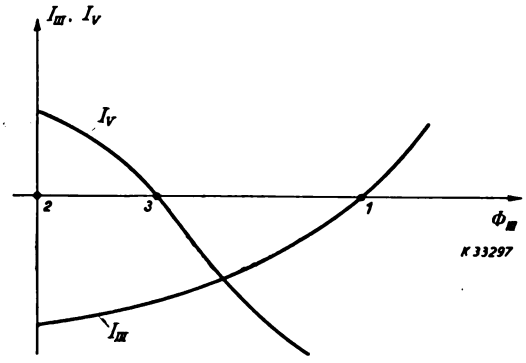


Abb. 9. Fünfte Oberwelle des Magnetisierungsstromes, abhängig vom Fluß dreifacher Frequenz.

magnetischem Rückschluß in Stern-Stern-Schaltung, im mittleren Bild den des gleichen Transformators bei Vorhandensein einer tertiären Dreieckwicklung.

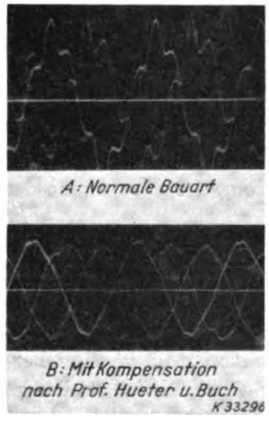


Abb. 10. Leerlauf eines 100 kVA-Transformators mit ungewöhnlich hoher Kernsättigung.

Durch viele Hände sind ähnliche Aufnahmen gegangen. Viele haben sie gesehen, doch sie blieben lange Jahre experimentelles Tatsachenmaterial, bis die Beobachtung, daß die fünfte Oberwelle im oberen Bild, Abb. 8, die entgegengesetzte Phasenlage hat wie im mittleren Bild, ihre Erklärung fand, bis die Bedeutung der Flüsse dreifacher Frequenz im Eisen erkannt wurde, und bis an die willkürliche Beeinflussung der fünften Oberwelle herangegangen werden konnte.

Schließt man bei dem Transformator, dessen Ströme Abb. 8 oben und in der Mitte gibt, eine „tertiäre" Dreieckwicklung über eine veränderliche Drossel, so erhält man in Abhängigkeit von dem Fluß dreifacher Frequenz Φ_{III} in der tertiären Dreieckwicklung einen Verlauf der Oberwelle fünffacher Frequenz I_V nach Abb. 9. Bei kurzgeschlossener Dreieckwicklung, Punkt *2*, hat die Oberwelle I_V ihren positiven Höchstwert, nimmt mit abnehmendem I_{III} ab, um in Punkt *3* bei einem bestimmten Wert von I_{III}, d. h. bei bestimmter Einstellung der Drossel, welche die Tertiärwicklung schließt, zu verschwinden, vgl. Abb. 8 (unteres Bild).

Daß dies nicht nur ein Laboratoriumsversuch ist, zeigt die Abb. 10. In der oberen Hälfte sind die Magnetisierungsströme der drei Phasen eines 100 kVA-Transformators unkompensiert, in der unteren Hälfte kompensiert dargestellt.

Wir verdanken diese Erkenntnisse der Forscherarbeit von Buch und Hueter, Darmstadt.

Nachdem erst der Schlüssel zu diesem Gebiet gefunden war, ergaben sich zahlreiche andere Möglichkeiten der Oberwellenbeseitigung.

Lassen Sie mich noch auf eine von diesen eingehen.

Nach Abb. 11 wird das Ziel der Beseitigung der fünften und der siebenten Oberwelle im Magnetisierungsstrom durch die Gestaltung des magnetischen Kreislaufs erzwungen.

Digitized by Google

Die Schenkel des Transformators werden nicht über ein Joch geschlossen, sondern über ein Dreieck, das eine in sich geschlossene in Dreieck geschaltete Wicklung trägt, so daß in der magnetischen Dreieckschaltung der Joche ebensowenig wie in den Schenkeln (abgesehen von Streuflüssen) Flüsse dreifacher Frequenz möglich sind.

Die Ableitung der Arbeitsweise dieser Anordnung gehört zu den reizvollsten Ergebnissen der Forschung, ist eine Köstlichkeit.

Bezogen auf den Schenkel *1* eilt der Fluß des Joches *1,2* um 30 ° vor, der des Joches *1,3* um 30 ° nach; die für die Bildung dieser Flüsse erforderlichen Amperewindungen, die wir der Einfachheit halber als Magnetisierungsströme bezeichnen wollen, haben in der Grundwelle die gleiche Phasenlage wie die Flüsse, d. h. der Magnetisierungsstrom der Grundwelle des Joches *1,2* eilt dem Magnetisierungsstrom des Schenkels *1* um 30 ° vor, der des Joches *1,3* eilt um 30 ° nach. Die geometrische Summe der beiden Ströme hat die gleiche Phase wie der vom Schenkel *1* benötigte Magnetisierungsstrom. In der Wicklung *1* fließt in der Grundwelle ein Magnetisierungsstrom, der die Summe der drei genannten Ströme darstellt.

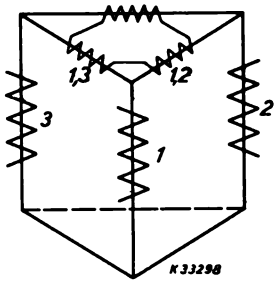


Abb. 11. Dreiphasen-Transformator mit einem aus einem Stern und einem Dreieck zusammengesetzten magnetischen Kreis.

Wenn die Grundwelle im Joche *1,2* um 30 ° voreilend gegenüber der Grundwelle im Schenkel *1* verschoben ist, so ist die fünfte Oberwelle des Magnetisierungsstroms im Joche *1,2* um $5 \cdot 30° = 150°$ gegen die fünfte Harmonische im Schenkel *1* verschoben. Ebenso ist die fünfte Oberwelle im Joch *1,3* gegenüber der fünften Oberwelle im Schenkel *1* um 150 ° nacheilend verschoben. Die geometrische Summe des Magnetisierungsstrombedarfes fünffacher Frequenz der Joche *1,2* und *1,3* ist deshalb um 180 ° gegenüber dem Magnetisierungsstrombedarf fünffachen Frequenz des Schenkels *1* verschoben. Bei passender Bemessung des Verhältnisses der magnetischen Widerstände von Joch und Schenkel hebt sich der Bedarf an fünften Oberwellen im Magnetisierungsstrom der beiden Joche einerseits und dem Schenkel anderseits auf. Der gleiche einfache Beweis gilt auch für die siebente Oberwelle des Magnetisierungsstromes. Der Kernaufbau findet den Ausgleich des Amperewindungsbedarfes fünffacher und siebenfacher Frequenz in sich selbst.

Abb. 12 (unten) zeigt die Magnetisierungsströme eines nach diesen Gesichtspunkten gebauten Transformators. Sie sind praktisch sinusförmig.

Im Aufbau der Dreiphasentransformatoren ändert sich — nicht wie etwa die Abb. 11 erwarten ließe — sehr wenig. Einige Schlitze im Joch, einige Hilfswindungen schaffen den von Abb. 11 angestrebten magnetischen Aufbau.

Die Oberwellenfreiheit wird im Transformatorenbau verschiedene Folgerungen nach sich ziehen. Der Magnetisierungsstrom ist nicht unwesentlich niedriger. Deshalb kann die Sättigung gesteigert werden, aber nicht nur bis zu dem Werte, bei dem sich der frühere Effektivwert des Magnetisierungsstromes ergibt, sondern weit darüber hinaus, denn die Angst vor den fünften und siebenten Oberwellen — mit ihrer Überspannungsgefahr, mit ihrer Verschlechterung der Erdschlußkompensation, mit den Störungen, die bei der Blindstromkompensation durch Kondensatoren auftreten usw. — besteht nicht mehr. Welche Angst wir vor den Oberwellen gehabt haben, zeigt eine Erinnerung, welche München, das Bayernwerk, betrifft.

Ich bekenne mich schuldig dessen, daß beim Entwurf der Grundlagen der Transformatoren für das Bayernwerk eine Sättigung von ungefähr 13 bis 14 000 eingeführt wurde, um die fünfte und siebente Ohmwelle im Netz niederzuhalten. Ich weiß, daß sich viele große andere Netze dem Vorgehen angeschlossen haben, sehr zum Mißbehagen des Konstrukteurs und obwohl man wußte, daß das Heruntergehen auf diese kleine Sättigung zu einem nicht unerheblichen Mehraufwand an Baustoff und Kosten führt. In der damaligen Zeit hatten wir noch nicht die Möglichkeit, das Übel an der Wurzel zu packen. Da mußten wir uns auf Abwehrmaßnahmen beschränken. Und ich bin stolz darauf, daß die Lösung dieser Aufgabe von der gleichen Hochschule angeregt worden ist, von der vor 15 Jahren die Niedrighaltung der Sättigung verlangt worden ist.

Der Bedarf der Elektrotechnik nach neuen Forschungsergebnissen kann bei weitem nicht durch die eigenen Forschungsmöglichkeiten gedeckt werden. Je mehr Forscher auf verwandten Gebieten arbeiten und je größer die Zahl der Stellen ist, an denen auf verwandten Gebieten gearbeitet wird, desto größer ist die Möglichkeit für die Gewinnung neuer technischer Erkenntnisse, desto größer sind die Möglichkeiten der reinen Forschung. Ein breiter Strom der Erkenntnis der reinen Forschung fließt dauernd der deutschen Elektrotechnik zu. Er strömt aus den Laboratorien der Hohen Schulen, der wissenschaftlichen Institute zum Wohl des Volksganzen. Nichts wäre verhängnisvoller, als durch Beschränkung der Mittel diese Arbeiten zu erschweren. Ihre Förderung und mit ihr die Erziehung und die Förderung eines in der Forschung aufgehenden Nachwuchses sind Lebensfragen für uns. Versickern diese Quellen, dann wird das Land, auf welchem wir arbeiten, unfruchtbar und die Menschen, welche auf ihm leben, werden brotlos, und unendlich viel Mühe wird es machen, aus der unfruchtbaren Wüste wieder fruchtbares Land zu machen.

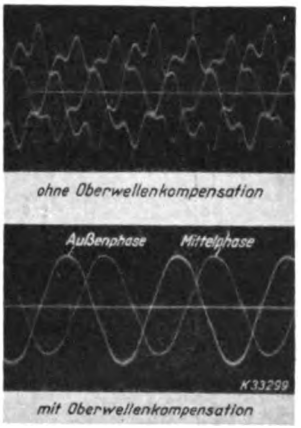


Abb. 12. Magnetisierungsstrom eines Transformators mit hoher Kernsättigung.

Aber nicht nur dieser Gedanke soll uns leiten, darf uns leiten. Forschung um ihrer selbst willen gehört zu den kulturellen Aufgaben eines Volkes, ist höchste Kultur. Auch die Blüte Athens war eine Blüte der Kunst und Wissenschaft.

Minister Rust hat auf der 550-Jahrfeier der Universität Heidelberg den wundervollen Satz geprägt: „Wissen ist Dienst am Volk“: in diesem Satz von Rust ist ein anderer Satz enthalten, der lautet: „Forschung ist Dienst am Volk“.

Digitized by Google

Aus den Fachberichtgruppen.

Fachgruppe A I Kraftwerke.

621. 311

Der Einführende ging in seinem einleitenden Vortrag davon aus, daß es Aufgabe der Kraftwerke ist, den Strom für die deutsche Volkswirtschaft so billig und so sicher wie nur möglich zu erzeugen. Zur Erreichung dieses Zieles muß weiterhin an der Vervollkommnung der Anlagen gearbeitet werden. Der Redner gab dann einen kurzen Überblick über die letzten Fortschritte auf dem Gebiete des Kraftwerksbaues. Bemerkenswert ist das weitere Vordringen des Hoch- und Höchstdruckdampfes in industriellen Anlagen und Kondensationskraftwerken. Der Verbundbetrieb ist in rascher Entwicklung begriffen, ebenso das Zusammenarbeiten zwischen öffentlichen Elektrizitätswerken und industriellen Kraftwerken. Zum Schluß betonte der Redner, daß es nicht nur wertvoll ist, über die Fortschritte im eigenen Lande, sondern auch über diejenigen des Auslandes einen Überblick zu erhalten. Im Zusammenhang damit wurde auf die Bedeutung der internationalen Konferenzen hingewiesen.

Herr Kurth VDE, Berlin, behandelte in seinem Vortrage „Fortschritte im Bau von Dampfturbinen hoher Drücke und hoher Temperaturen" die Zusammenhänge zwischen Druck- und Temperatursteigerung, ihre Grenzen, ihre technischen und wirtschaftlichen Vorteile. Nach Darlegung der Fortschritte in der Beschreibung der Baustoffrage wurde gezeigt, daß auch die konstruktiven Aufgaben befriedigend gelöst wurden. Abschließend wurden noch Angaben über Betriebserfahrungen gemacht und die Aussichten für die Weiterentwicklung erörtert.

Herr Melan, Berlin, besprach „Die Anwendung des Gleitdruckbetriebes". Einleitend wies er auf die verschiedenen Arbeitsbedingungen der Kondensationskraftwerke und Industriekraftwerke, auf die Fortschritte im Kraftwerksbau, die Bedeutung der Endfeuchtigkeit und des Fahrdiagramms auf die Auslegung der Dampfturbinen hin, um dann zu dem grundsätzlichen Unterschied zwischen Konstantdruckverfahren und Gleitdruckverfahren zu kommen. Das Gleitdruckverfahren wurde unter besonderer Berücksichtigung der Konstruktion und des Wirkungsgrades der Gleitdruckturbinen geschildert und die Wirtschaftlichkeit des neuen Verfahrens eingehend erörtert.

Herr Musil VDE, Berlin, berichtete über „Den neuen Hochdruck-Dampfspeicher und seine Bedeutung für die Bereitschaftshaltung in der Elektrizitätsversorgung". Ausgehend von der Bedeutung der Bereitschaftshaltung für die öffentliche Elektrizitätsversorgung wurden die Möglichkeiten, vor allem hinsichtlich der Einsetzzeit, erörtert. Nach einer Kennzeichnung der Betriebsführung bei Augenblicks- und Schnellbereitschaft wurde die Verwendbarkeit der Dampfspeicherung für diese Zwecke dargelegt. Nach einem kurzen Überblick auf die Entwicklung der Niederdruckspeicherung in der letzten Zeit ging der Berichterstatter über auf eine für die Bereitschaftszwecke entwickelte Höchstdruckspeicherschaltung, die eingehend an einer in Ausführung begriffenen Anlage erläutert wurde.

Herr Kromer VDE, Berlin, behandelte „Die Zusammenarbeit von öffentlichen Elektrizitätswerken und Industriekraftwerken". Nach Schilderung der Voraussetzung für dieses Zusammenarbeiten zum Zwecke einer sicheren Betriebsführung forderte der Redner, daß die einzelnen Anlageteile des Industriekraftwerkes, also Maschinen, Schalteinrichtungen, Relais, Überstromschutz, auf die Verhältnisse des öffentlichen Versorgungsnetzes abgestimmt sein müssen. Das bedingt, daß man vor Errichtung einer eigenen Anlage oder vor einer evtl. Umstellung einer vorhandenen eigenen Anlage alle diesbezüglichen Fragen gemeinsam mit dem öffentlichen Elektrizitätswerk bearbeitet, also schon bei der Planung zusammenarbeitet.

A. Menge VDE.

Fachgruppe A II Bau und Betrieb von Netzen.

621. 315/6

Zur Einleitung der Fachberichte „Bau und Betrieb von Netzen" wies der Einführende kurz auf die Aufgaben hin, welche die Elektrizitätswirtschaft zu erfüllen hat und hob besonders hervor, daß in diesem Zusammenhang hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit der Netze gestellt werden.

Herr Woldemar Bolling VDE, Berlin, berichtete über „Elektrisierung dünn besiedelter Gebiete" und führte aus, daß durch Anwendung des Einphasensystems die Baukosten der Versorgungsnetze gegenüber dem Drehstromsystem gesenkt und die Leistungsfähigkeit der Netze wesentlich erhöht werden könnte. Durch diese Maßnahme könne die Elektrisierung dünn besiedelter Gebiete bereits nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen in vielen Fällen wirtschaftlich sichergestellt werden. Auch die Entwicklung des Einphasenmotors sei grundsätzlich als gelöst zu betrachten und beseitige den bisherigen Nachteil des Einphasensystems für ländliche Abnehmer.

Herr Walter von Mangoldt VDE, Berlin, sprach über „Technische Umgestaltung kleinerer Werke bei Anschluß an Verbundbetriebe" und führte aus, daß mit zunehmendem Verbundbetrieb der Anschluß von Verteilungsnetzen an eine Gemeinschaftsversorgung erhöhte Bedeutung erlange. Seine Ausführungen zeigten, daß bei Beachtung einer Reihe allgemeiner mit dem Betrieb zusammenhängender Fragen ein Verbundbetrieb betriebstechnisch und wirtschaftlich durchführbar ist.

Herr Alexander von Schaubert, Berlin, berichtete über „Prüfung von Hochspannungsnetzen durch Verlagern des Erdpunktes, insbesondere mit Rücksicht auf Gefahrenhäufung (Luftgefahr)". Er behandelte eine Einrichtung, die gestattet, Netze während des Betriebes und zu günstiger Zeit einer Prüfung mit Wechselspannung, welche sie aushalten sollen, zu unterziehen. Auf diese Weise können schwache Stellen im Netz festgestellt werden, die alsdann zu einer geeigneten Betriebszeit beseitigt werden können. Eine solche Prüfung dient zweifellos der Erhöhung der Betriebssicherheit eines Netzes.

Herr Paul Perlick VDE, Hannover, berichtete über umfangreiche Untersuchungen, welche von ihm an Reinaluminium- und Stahlaluminiumseilen vorgenommen worden sind. In seinen Ausführungen beschäftigte sich der Redner eingehend mit den Eigenschaften der beiden Seilarten und kommt zu dem Schluß, daß — abgesehen von Sonderfällen — der vermehrte Einbau von Stahlaluminiumseilen bei gleichem oder noch geringerem Kostenaufwand wesentliche Vorteile gegenüber Reinaluminiumseilen bieten kann. Zum Schluß erwähnte der Vortragende noch kurz, daß außer Stahlaluminiumseilen auch Aldreyseile, insbesondere wegen ihrer Dauerzugfestigkeit und ihres Aufbaues, in manchen Fällen gewisse Vorteile für den Bau von Mittelspannungsnetzen besitzen.

A. Kolb VDE.

Digitized by Google

Fachgruppe A III Relais und Schutzschaltungen.

621. 316. 925

In der Fachgruppe „Relais und Schutzschaltungen" gab der Einführende einen allgemeinen Überblick über die Entwicklung der Schutzeinrichtungen, die durch das Aufkommen der Groß- und Fernversorgung immer mehr an Bedeutung gewonnen haben.

Im ersten Fachbericht trug Herr F. Boening VDE, Berlin, über „Anforderungen an die Schutzeinrichtungen beim Zusammenschalten von Hochspannungsnetzen" vor. Herr Boening verwies auf die Schwierigkeiten, die beim Zusammenschluß von Netzen an den Stoßstellen auftreten können, bedingt durch die Verschiedenartigkeit der Schutzsysteme. An Hand zahlreicher Beispiele wurde gezeigt, wie ein Zusammenarbeiten verschiedenartiger Schutzsysteme in den Einzelnetzen über die Stoßstellen hinweg zu erreichen ist. Zum Schluß wurde noch der Entwicklungsstand der Pendelsperren und Stromscheiden behandelt. Herr F. Geise bemerkte, daß auch bei Einrelaisschaltungen die Möglichkeit besteht, nachträglich Pendelsperren einzubauen, wo sie unbedingt notwendig sind. Über die praktische Bewährung der Pendelsperren in einem 40- und 100 kV-Netz gab Herr E. Aberle VDE Aufschluß.

Im zweiten Fachbericht „Aus Betriebserfahrungen abgeleitete Verbesserungen am Buchholz-Schutz" stellte Herr E. Schmohl VDE, Berlin, die Bedingungen auf, die der Betrieb an den Buchholz-Schutz stellen muß. Der Vortragende stützte sich bei seinen Ausführungen auf die von der BEWAG gesammelten Erfahrungen und ausgeführten Untersuchungen. Zum Schluß beschrieb Herr Schmohl noch eine von der BEWAG entwickelte Einrichtung, die es gestattet, Buchholz-Relais auf Einhaltung der eingangs aufgestellten Bedingungen nachzuprüfen. Anschließend zeigte Herr Prinz eine Prüfeinrichtung, die zur Prüfung fabrikneuer Relais verwendet wird. Über die Ansprechzeiten machte Herr E. Schulze VDE einige bemerkenswerte Ausführungen. Er stellte fest, daß die Auslösezeiten unter 0,7 s liegen. Herr Schwenkhagen VDE wies in diesem Zusammenhang darauf hin, daß die im Transformator entwickelte Gasmenge von der Fehlerart abhängig ist und die Auslösezeit stark beeinflußt.

Über „Zweckmäßige Prüfverfahren für den Selektivschutz" gab Herr L. Rimmark, Berlin, einen aufschlußreichen Bericht. Er erläuterte die Fehlerquellen, die mitunter Anlaß zum Versagen von Selektivschutzanlagen geben. Für die Praxis besonders geeignete Prüf- und Überwachungseinrichtungen wurden besprochen.

Die Ausführungen des Redners wurden in der Aussprache noch erweitert durch Beiträge von Herrn H. Calliess VDE, der den Standpunkt vertrat, daß die heute vielfach übliche Prüfzeit von vier Wochen nach oben erweitert werden sollte. Herr H. Fertl sprach ergänzend noch einige Worte über dreipolige Prüfeinrichtungen, die sich in der Praxis sehr gut bewährt haben.

Die Berichte der Gruppe schloß Herr F. Geise, Berlin, mit einem Überblick über „Einrelaisschaltungen des Impedanzschutzes und Schnellschaltmöglichkeit". Er zeigte die Fortschritte in der Entwicklung der Einrelaisschaltungen und stellte fest, daß sich mit Einrelaisschaltungen trotz der notwendigen Umschaltungen noch praktisch sehr gute Schaltzeiten erreichen lassen. Im Anschluß an die Darlegungen von Herrn Geise würdigte Herr Fertl noch die Vorteile der Zweirelaisschaltungen.

Der Verlauf der Fachberichte zeigte, daß auf dem Gebiete der Schutzeinrichtungen auch weiterhin eifrig gearbeitet wird. Die deutsche Industrie kann heute zwar für alle Bedürfnisse des Betriebes die erforderlichen Schutzeinrichtungen zur Verfügung stellen. Immerhin ist bei vielen Schutzeinrichtungen die Entwicklung nach Vorliegen sich über einen längeren Zeitraum erstreckender Betriebserfahrungen jetzt erst zum Abschluß gelangt. Die Ausführungen der einzelnen Firmen weisen daher bei gleichen Schutzsystemen noch große Unterschiede in Aufbau und Arbeitsweise auf, und es dürfte möglich sein, bei eingehender Überprüfung von Konstruktion und Schaltung auf Grund der bisherigen Betriebsergebnisse noch zahlreiche Vereinfachungen zu erzielen.

Die Stromversorgung braucht Schutzeinrichtungen, die trotz verschiedenartiger Herstellung bei gleichem grundsätzlichen Aufbau gegeneinander abgleichbar und untereinander auszutauschen sind. Es wäre wünschenswert, allgemeine Richtlinien über Bau und Arbeitsweise der Schutzeinrichtungen aufzustellen, die diesen Anforderungen Rechnung tragen.

A. Schmolz VDE.

Fachgruppe B I Messung.

621. 317

Nach einer kurzen Einleitung des Einführenden, der den Stand der Meßtechnik auf den behandelten Sondergebieten kennzeichnete, wurden fünf Fachberichte vorgetragen.

Herr R. Schmidt VDE, Berlin, machte in seinem Bericht „Über einige Neuerungen auf dem Gebiete der elektrischen Feinmessungen" zunächst einige grundsätzliche Ausführungen über die von der PTR geleisteten Entwicklungsarbeiten, um für die genaue Messung der elektrischen Leistung und Arbeit besonders einfache Eicheinrichtungen in Gestalt eines neuen Gleichstromkompensators zu schaffen.

Herr H. Roth VDE, Frankfurt a. M., berichtete über „Neue empfindliche Vibrationsgalvanometer", die in der PTR von Rump entwickelt wurden. Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die eine Empfindlichkeitssteigerung ermöglichen, wurden besprochen und die Ausführungsformen des neuen tragbaren, hochempfindlichen Galvanometers beschrieben. In der Aussprache wurde das Vibrationsgalvanometer mit dem Schwinggleichrichter hinsichtlich des verschiedenen Verhaltens gegen Oberwellen verglichen.

Herr A. Keller, Frankfurt a. M., beschrieb eine „Neue Strom- und Spannungswandler-Prüfeinrichtung und ihre Verwendung als Bürdenmesser". Die Einrichtung, in der PTR von Hohle entwickelt, arbeitet nach einem Vergleichsverfahren (Vergleich mit Normalwandlern) und läßt sich im praktischen Gebrauch außerordentlich einfach handhaben; sie hat gegenüber den bekannten Verfahren einige bemerkenswerte Vorteile (z. B. geringe Bürde und bequeme Nullpunktskontrolle) und kann durch ein kleines Zusatzgerät zu einem Wechselstromkompensator ergänzt werden.

Herr O. Heinzelmann, Nürnberg, trug über „Elektrolytzähler mit fortlaufender Registrierung" vor und zeigte hierbei, wie der Zähler nach einer gewissen Durchlaufzeit durch Hebern des Elektrolyten in einem geschlossenen Röhrensystem selbsttätig in die Nullstellung zurückkehrt und daher das Kippen fortfällt. In der Aussprache wurde festgestellt, daß der neue Zähler einem dringenden Bedürfnis der Praxis entspricht und bereits bei der PTR zur Beglaubigung eingereicht ist.

Herr H. Boekels VDE, Berlin, gab in seinem Bericht „Neuzeitliche Geräte zur Störungsaufklärung" einige Neuerungen an Spannungsschnellschreibern, Frequenzmessern und an Oberwellen-Meßgeräten bekannt und beschrieb anschließend einen neuen Hochspannungs-Fehlersucher (Hochfrequenzempfänger mit Röhrenvoltmeter) zum bequemen Auffinden von schadhaften Isolatoren. — Die Spannungsschnellschreiber sind dadurch verbessert worden, daß ihre Auslösung durch Relais erfolgt, die nicht mehr, wie bisher allgemein üblich, auf die Spannungsabsenkung bei Netzstörungen, sondern unabhängig von der Spannungshöhe auf die zeitliche Spannungsänderung ansprechen. — In der Aussprache teilte Herr H. Calliess VDE Erfahrungen über die praktische Anwendung des Hochspannungs-Fehlersuchers mit, und es wurden einige Fragen über die Eigenschaften des neuen Anregerelais für Spannungsschnellschreiber beantwortet.

Digitized by Google

Die vorgetragenen Fachberichte haben gezeigt, daß in neuerer Zeit erhebliche Fortschritte erzielt worden sind, um verschiedene elektrische Meßeinrichtungen zu vereinfachen und zu verbessern. Erich Schulze VDE.

Fachgruppe B II Industrielle Anwendungen.

621. 34

Das Gemeinsame der in den vorgelegten drei Fachberichten behandelten Fortschrittsbestrebungen liegt in den Bemühungen um eine verbesserte Erfüllung der Bedienungsanforderungen, die von den Arbeitsmaschinen an ihre elektrischen Antriebe gestellt werden. Die vordringlichste Bedienungsaufgabe ist die Beherrschung der Arbeitsgeschwindigkeit in all ihren Formen von genauester Gleichhaltung bis zur schnellsten Veränderung. Die beiden ersten Berichte betrafen Grenzfälle der Anwendung von Regelmotoren.

Zunächst sprach Herr Bauer VDE, Mannheim, über Genauigkeitsschaltungen bei Werkzeugmaschinen. Bei den heutigen Schnittgeschwindigkeiten wird es bisweilen zum Bedürfnis, eine bestimmte Arbeitsdrehzahl noch genauer als mit bisherigen Mitteln aufrechtzuerhalten sowohl gegenüber Lastschwankungen als auch beim Wiederanlassen nach Arbeitspausen. Dazu erhält der Hauptmotor auf gleicher Achse einen kleinen Drehzahlgenerator zur Anzeige der Drehzahländerungen in Verbindung mit Relais und Umkehrschütz (z. B. zur Steuerung eines Bürstenverschiebemotors bei Drehstrom-Nebenschlußmotoren) bzw. mit Feldreglern bei Gleichstromantrieben. Die Nachregelung geschieht in einer Sekunde oder weniger, die Genauigkeit beträgt ± 2,5 % und steigt bei Verwendung von Frequenzgeneratoren anstatt Drehzahlgeneratoren bis auf ± 0,5 %. Die Anordnung wird wirtschaftlich für Antriebsleistungen über 30 PS. Die ferner gezeigte Anordnung mit gittergesteuertem Stromrichter dürfte des Kostenaufwandes halber erst bei Antriebsleistungen über 200 PS lohnend werden.

Eine entgegengesetzt liegende Anwendungsform des Regelmotors behandelte Herr Jungblut VDE, Mannheim, in seiner Darstellung über den Einphasen-Repulsionsmotor im Hafenumschlagsbetrieb. Hier werden durch raschesten Geschwindigkeitswechsel, häufiges Anlassen, Bremsen, Stillsetzen der Last auf genau vorbestimmter Wegstrecke höchste Bedienungsanforderungen gestellt, denen die Motoren mit Reihenschlußverhalten, also — vom Gleichstrom abgesehen — Wechselstrom-Kommutatormotoren, gut entsprechen. An dem Einphasen-Repulsionsmotor schilderte der Berichter die Entwicklung der heutigen Nutzbremssteuerung, bei denen durch Bürstenverschiebung mit einfachen Mitteln und geringem Aufwand an Steuergeräten eine hohe Vollendung der Fahr- und Hubeigenschaften erreicht worden ist. Natürlich spielt hier neben den Bestrebungen nach Vereinfachung der Bedienung, Herabsetzung des Energiebedarfes usw. auch die Sicherheitsfrage eine sehr wichtige Rolle. Wieweit diese bei den letzten Durchbildungsschritten der Wechselstrom-Hubmotoren in Mitleidenschaft gezogen wird, darüber bestehen noch Meinungsverschiedenheiten zwischen den Befürwortern des Einphasenmotors und denen des Drehstrom-Reihenschlußmotors, der grundsätzlich die gleichen Eigenschaften aufweist und sich ebenfalls einen festen Platz in der Hafenpraxis erworben hat.

Während die zwei ersten Berichte sich mit Einzelfällen des Regelantriebes befaßten, brachte der dritte Bericht des Herrn Bayha VDE, Berlin, ein Gesamtgebiet näher, in dem der Kurzschlußmotor vorherrscht, durch Entfaltung einer neuen Überschau über Antriebe in der Nahrungsmittelindustrie. Ein Kennzeichen dieses Industriezweiges ist die Arbeitsmaschine mit Aussetz- bzw. Kurzzeitbetrieb (Zentrifuge, Mischmaschine, usw.); Hauptmerkmal der Bedienung ist häufiges Schalten, Anlassen, Stillsetzen, weshalb auch die Weiterbildungsbestrebungen hier beim Schaltzeug anknüpfen und auf ein selbsttätiges Ablaufenlassen der immer wiederkehrenden Bedienungshandgriffe — Anlassen, Füllen des Arbeitsbehälters, Arbeitsgang, Stillsetzen, Entleeren, wieder in Bereitschaft bringen — abzielen. Dabei tritt der einfache, unverwüstliche Kurzschlußmotor mit Fernsteuerung und Abhängigkeitsschaltungen und all seinen für die chemische und die Nahrungsmittelindustrie lebenswichtigen Vorzügen, leichter Säuberung, Unempfindlichkeit gegen Nässe, Säuren, Gase, Hitze, also unbedingter Betriebssicherheit in den Vordergrund, die bei der Eigenart dieser „Campagne"-Industrien obenan steht. Unter diesen Zeichen und Durchbildungsformen hat so der elektrische Einzelantrieb neue, wichtige Industriegebiete durchdrungen und ertüchtigt.

Diese Ausbreitung des elektrischen Antriebes auf immer weitere, oft beim ersten Hinsehen wenig Erfolg verheißende Gebiete vollzieht sich auf der ganzen Linie — insofern läßt besonders der dritte Fachbericht einen Ausblick auf die allgemeine Weiterentwicklung zu — unter dem bekannten Grundgesetz des kürzesten Energieleitungsweges (Wanderung des Motors an die Arbeitswelle, Auflösung in kleinere Krafteinheiten, Elektroarbeitsmaschine), ohne dessen Vorherrschen alle in den drei Berichten behandelten, hier vorwiegend als Bedienungsverbesserungen angesprochenen Fortschritte nicht erreicht wären.

Neben diesem stetigen Vorwärtskommen in einer zuerst auf Sondergebieten bewährten Marschrichtung hat die Elektroantriebstechnik heute eine besondere, fortschrittliche Note erhalten durch die zunehmende Verwendung neuerer elektrotechnischer Hilfsmittel (gittergesteuerte Stromrichter, Lichtzellen u. a.). Hierfür bieten allerdings die vorgelegten drei Fachberichte erst spärliche Belege, so daß ein Eingehen darauf aus dem gegenwärtigen Tagungsrahmen herausfällt. F. Oertel VDE.

Fachgruppe B III Bahnen.

621. 33

Die Deutsche Reichsbahn beschloß Mitte vorigen Jahres die Elektrisierung der Strecke Nürnberg—Halle—Leipzig. Dadurch erhält das bisherige elektrisierte Netz der Deutschen Reichsbahn, das einen Umfang von 2219 km aufweist, einen Zuwachs von 355 km. Das süddeutsche und mitteldeutsche Netz wird dann durch zwei große Sammelschienensysteme für 110 000 V gespeist, einer Ost-West-Sammelschiene von Traunstein bis Münster bei Stuttgart mit 400 km Länge und einer Süd-Nord-Sammelschiene von Pasing bis Muldenstein von 680 km Länge. Diese Sammelschienensysteme sind zum Zweck des Lastausgleichs normalerweise zusammengeschlossen. Auch die Fahrleitungen zwischen den Unterwerken werden zur Abminderung des Spannungsabfalls zusammengeschaltet. Um bei Störungsfällen den Schaden lokalisieren und den Betrieb ungestört weiterführen zu können, ist ein besonderer Selektivschutz für Einphasen-Wechselstrombahnen durchgebildet, über den ein Vortrag von Herrn Friedrich Schneider VDE, Berlin, eingehenden Aufschluß gab. Hierbei wird ein Zweistufenwiderstand und Richtungsschutz verwendet, der einfach gebaut ist und kurze Abschaltzeiten ergibt. Im Fahrleitungsnetz sind besondere Anregerelais nicht notwendig. Die Voraussetzungen für die Verwendbarkeit der Widerstandsrelais, die im Kurzschlußbereich als Reaktanzrelais wirken, werden geprüft. Im zweiphasigen Hochspannungsnetz ist Überstromanregung wegen der kleinen Leitungswiderstände erforderlich. Ein geeignet geschalteter einphasiger Schutz gestattet ohne Relais und Meßbereichumschaltung die Erfassung von Kurzschlüssen und Doppel-Erdschlüssen.

Digitized by Google

Das süddeutsche Netz wird beinahe ausschließlich von den Großwasserkraftwerken des Walchensees und der mittleren Isar mit Einphasenstrom versorgt. Hierbei spielt der Umformer im Kraftwerk Pfrombach eine besondere Rolle, der aus einer Einphasen-Synchronmaschine von 20 000 kVA und einer Drehstrom-Synchronmaschine von 17 500 kVA besteht. Sein Betriebsverhalten wurde in dem Bericht von Herrn Wilhelm Schneider, München, im einzelnen behandelt. Hierbei ergeben sich folgende drei Betriebsmöglichkeiten:

1. Betrieb ohne Wirkleistungsregler mit schlupfabhängiger Leistung.
2. Betrieb mit Wirkleistungsregler und konstanter Leistung. Jedes Netz muß hier seine Leistung selbst ausregeln. Wegen der ungünstigen Auswirkung auf den Wasserbetrieb wird hiervon nur in besonderen Fällen, z. B. an Sonntagen bei geringen Belastungen des Drehstromnetzes, Gebrauch gemacht.
3. Betrieb mit Wirkleistungsregler, bei dem durch einen Drehzahlregler die Leistung abhängig von der Frequenz des Netzes gesteuert wird.

Alle diese drei Betriebsarten wurden an Hand von Diagrammen eingehend besprochen und dargelegt, daß der Betrieb ohne Wirkleistungsregler für die meisten Anwendungen des Umformers den Vorzug verdient und am meisten angewendet wird. Zur Aufnahme von Belastungskurven für das gesamte von den Kraftwerken gespeiste Bahnnetz wird die Synchron-Synchron-Schaltung benutzt. Die Frequenzgenauigkeit bei Betrieb mit konstanter Leistung beträgt auf der Drehstromseite an Werktagen ± 0,2 %, an Sonntagen ± 0,5 %. Der Wirkungsgrad des Umformers bei Vollast ergibt sich zu 88 % unter Einschluß aller Verluste und der Umspannerverluste.

Bei den elektrischen Lokomotiven hat die Deutsche Reichsbahn in den letzten Jahren Einheitsbauarten für die verschiedenen Betriebsbedürfnisse herausgebildet. So sind vorhanden: eine schwere Schnellzuglokomotive Reihe E 18 für 150 km/h Höchstgeschwindigkeit, eine leichte Schnellzuglokomotive Reihe E 04 für 130 km/h, eine Lokomotive für Personenzüge und leichte Güterzüge Reihe E 44 für 90 km/h und schließlich eine schwere Güterzuglokomotive Reihe E 93 für 70 km/h Höchstgeschwindigkeit. Bei allen diesen Lokomotiven sind soweit irgend möglich einheitliche Ausrüstungen verwendet, um die Bedienung zu erleichtern und vor allem die Unterhaltung in den Betriebs- und Ausbesserungswerken einfach und billig zu gestalten. So sind alle diese Lokomotiven mit einer Feinreglersteuerung ausgerüstet, welche die Zugkraft stetig, ohne Sprung regelt. Herr Paul Müller VDE, Berlin, behandelte in einem Vortrag eine neuartige Stufenschaltung für diese Feinreglung. Als Zusatzapparat ist ein leistungslos schaltender Umschalter notwendig, der die gesamten Motorströme zu führen hat; bei der neuen Schaltung des Feinreglers selbst wird eine hin- und herschwingende Bürstenbrücke mit Kurbelgetriebe empfohlen. Bei deren Durchkonstruktion müßte auf die großen Kräfte, die bei raschem Auf- und Abschalten auftreten, besonders Rücksicht genommen werden.

Für den Verkehr auf nicht elektrisierten Strecken verwendet die Deutsche Reichsbahn in letzter Zeit in größerem Umfang Triebwagen mit Verbrennungsmotoren. Die Leistung dieser Motoren beträgt 300, 410 und 600 PS bei Aufladung. Zur Kraftübertragung wurde bisher größtenteils dieselelektrische Übertragung gewählt; daneben werden auch Fahrzeuge mit hydraulischer Übertragung ausgeführt. Mit letzterer sind u. a. ein dreiteiliger Schnelltriebwagen für 160 km/h und eine Lokomotive der Achsfolge 1 C 1 mit 1400 PS ausgerüstet, auch eine größere Reihe kleiner Triebwagen befindet sich z. Z. mit hydraulischer Übertragung im Bau. Herr Hans Koeppen, Berlin, behandelte in seinem Vortrag die elektrische und hydraulische Übertragung und legte an Hand von Schaltbildern und Diagrammen die Wirkungsweise der RZM-Steuerung, des Föttinger-Getriebes, ferner die Wirkungsgrade und die wirtschaftlichen Verwendungsbereiche dar. Besonderes Interesse rief die Geometrie der beiden Übertragungsformen hervor. Hierbei wurde dargelegt, in welchem Umfang bei der elektrischen Übertragung der Ankerdurchmesser und bei der hydraulischen Übertragung der Durchmesser des Flüssigkeitsgetriebes von der Leistung und Drehzahl abhängig ist. Auch auf die Frage der Bremsmöglichkeit bei Talfahrten und bei hydraulischer Übertragung wurde im einzelnen eingegangen. Bei Abwägung aller Vor- und Nachteile der Übertragungsarten ergab sich zusammenfassend, daß z. Z. ein endgültiges Urteil noch nicht möglich ist und weitere Versuche abzuwarten sind. O. Michel VDE.

Fachgruppe C I Maschinen und Transformatoren.

621. 313 + 621. 314. 22

Von den vier Fachberichten dieser Gruppe befaßten sich zwei Berichte mit Isolationsfragen, ein Zeichen dafür, daß die weitere Entwicklung im Elektromaschinenbau von den Fortschritten auf dem Gebiete der Isolierung entscheidend beeinflußt wird. Im Transformatorenbau sind die Fortschritte der letzten Jahre nicht zum geringen Teil den verbesserten hochlegierten Blechen zu verdanken. Allen gemeinsam ist aber die Forderung der erhöhten Ausnutzung der Baustoffe.

Herr Winkelsträter VDE, Berlin, ging in seinem Bericht davon aus, daß in der Praxis noch große Unsicherheit über die Drehmomente und ihren Verlauf bei Kurzschlüssen von großen Generatoren herrsche. Man half sich bisher faustformelmäßig so, daß man die Drehmomente den Kurzschlußströmen proportional setzte. Da die R.E.M. als Grenzwert des Stoßstromes das 15fache des Scheitelwertes des Nennstromes vorschreiben, wird also vielfach mit dem 15fachen Nenndrehmoment als Kurzschlußmoment gerechnet.

An Hand eines einfachen Ersatzbildes für den Kurzschlußfall eines Generators werden die Gleichungen für die Drehmomente und deren Verlauf ohne Berücksichtigung der Ankerrückwirkung und der Abdämpfung berechnet. Die entwickelten Formeln sind denkbar einfach und weichen von der oben erwähnten faustformelmäßigen Rechnung erheblich ab.

Herr Kneller VDE, Mannheim, berichtete über Erfahrungen mit der Läuferisolation von Turbogeneratoren. Bei der Isolierung von Turboläufern sind die wärmetechnischen und mechanischen Eigenschaften der Isolierung ausschlaggebend. Herr Kneller zeigte, welche Erscheinungen bei der heute allgemein gebräuchlichen Isolierung mit Glimmer und Schellack als Bindemittel auftreten, die zu besonderer Vorsicht beim Wicklungsaufbau mahnen.

Ferner wurde im Laufe vieler Erwärmungsmessungen die Beobachtung gemacht, daß die Erwärmungskurven von Maschinen mit Glimmerisolation Unstetigkeiten bis zu 10 °C zeigten, die sich nicht durch Meßfehler erklären ließen. Herr Kneller berichtet ferner über einen neu entwickelten Isolierstoff aus Kunstharz und Asbest. Als besonderer Vorzug wird die hohe Wärmeleitfähigkeit betrachtet, die etwa doppelt so groß ist wie die von Glimmer-Schellack. Die dadurch erreichbare Leistungssteigerung wird mit etwa 20 % angegeben.

Zum Schluß warf Herr Kneller von neuem die Frage auf, ob die Messung des Isolierwiderstandes für die laufende Überwachung des Zustandes der Isolierung geeignet sei.

Herr Heitmeier VDE, Berlin, besprach eingehend die Fortschritte, die in der Güte und Gleichmäßigkeit der von den deutschen Hütten gelieferten hochlegierten Eisenbleche seit Herausgabe der technischen Lieferbedingungen für Dynamobleche nach DIN VDE 6400 im Jahre 1926 erzielt worden sind. In Häufigkeitskurven wurden die Ergebnisse von rd. 600 durchgeführten Untersuchungen von

Digitized by Google

Eisenproben gezeigt. Dabei ergab sich, daß für die Verlustziffern neue niedrigere obere Grenzwerte festgesetzt werden müssen.

Auch die magnetische Leitfähigkeit der Bleche wurde eingehend untersucht. Hier liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei den Verlustziffern. Die Verbesserung der magnetischen Eigenschaften ist heute mindestens ebenso wichtig wie die Verringerung der Verluste. Schließlich wurde noch vorgeschlagen, den Blechfüllfaktor in die VDE-Normen aufzunehmen.

Zum Schluß wurde die Frage der Begrenzung des Magnetisierungsstromes und seiner Oberwellen besprochen. Der Vorschlag von Wahlig, eine Güteziffer aus prozentualem Leerlaufstrom mal größter prozentualer Abweichung des Augenblickswertes des Leerlaufstromes von seiner Grundwelle zu bilden, wird hinfällig, sobald es gelingt, die Oberwellen des Magnetisierungsstromes durch besondere Maßnahmen (z. B. Vorschlag von Hueter und Buch) zu unterdrücken.

Herr Kroker VDE Berlin, berichtete über Isolationsfragen im Elektromaschinenbau und die im Laufe der letzten Jahre erzielten Erfolge. An der im Vordergrund des Interesses stehenden erhöhten Ausnutzung unserer Baustoffe haben die Eigenschaften der Isolierstoffe einen ganz wesentlichen Anteil. Erhöhung der Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe ermöglicht bei Zulassung höherer Temperaturen höhere Ausnutzung des Kupfers. Höhere Wärmeleitfähigkeit ergibt bei gleichbleibender Temperatur bessere Wärmeabführung und damit höhere Kupferausnutzung. Die Verbesserung der elektrischen Festigkeit gestattet die Verringerung der Wandstärken, und damit ergibt sich ein größerer Kupferquerschnitt.

Eine Reihe von neuen Isolierstoffen wurde entwickelt, über die im einzelnen berichtet wurde. Eine Erhöhung der Betriebssicherheit von Hochspannungsmaschinen konnte durch eine Verbesserung des Glimmschutzes am Austritt der Spulen aus der Nut erreicht werden.

Ferner konnte durch die Anwendung neuer Isolierstoffe hoher Durchschlagfestigkeit eine erhöhte Nutraumausnutzung erzielt werden.

Ein Vorschlag des Vortragenden geht dahin, verschiedene kennzeichnende Betriebsbedingungen elektrischer Maschinen zu normen und danach die Isolation der Maschinen in besonderer Weise anzupassen, z. B. Isolierung gegen ätzende Gase und Dämpfe oder Isolierung für sehr nasse und feuchtwarme Räume usw.

Es würde zu weit führen, alle Ergebnisse dieses Vortrages zu besprechen. Die erzielten Fortschritte sind nach allen Richtungen vielseitig und erfolgversprechend. Auch die devisentechnische Seite der Isolierstoffe wurde sorgfältig beachtet. Th. Bödefeld VDE.

Fachgruppe C II Stromrichter.

621. 314. 6

Im abgelaufenen Jahr sind auf dem Gebiet der Stromrichter keine grundsätzlich neuen Lösungen von weittragender Bedeutung gefunden worden, sondern es wurden hauptsächlich die vorhandenen Einrichtungen weiter erprobt und verbessert.

Wie sich aus dem ersten Vortrag ergab, ist die Entwicklung von Hochspannungs-Glühkathodenröhren mit Quecksilberdampffüllung bezüglich der Anoden- und Gitterkonstruktion zu einem gewissen Abschluß gekommen. Man verwendet neuerdings glockenförmige Anoden und haubenförmige Gitter, die die Kathode umschließen. Durch diese Maßnahmen wird der Lichtbogen geführt und abgeschirmt, was sich auf die Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit der Röhren äußerst günstig auswirkt. Nach dem Bericht von Herrn W. Kluge VDE, Berlin, werden derartige Stromrichter bereits bei zahlreichen Sendeanlagen als Anodenspannungsquellen für Senderöhren mit vollem Erfolg verwendet.

Maschinen zur Ladung ortsfester und beweglicher Batterien verschwinden immer mehr und werden besonders häufig durch Trocken- und Röhrengleichrichter verdrängt. Wenn auch die Fortentwicklung der Stromrichter in erster Linie hierfür verantwortlich ist, so haben verbesserte Ladeschaltungen gleichfalls hierzu beigetragen. Wie aus dem zweiten Vortrag von Herrn Kafka, Berlin, hervorging, wird die Gittersteuerung in der Ladetechnik verhältnismäßig selten angewandt, da sich hier die erforderliche Spannungsregelung durch gesättigte magnetische Kreise meist einfacher und wirtschaftlicher durchführen läßt. Mit derartigen ohne jegliche Relais arbeitenden Ladeeinrichtungen wird z. B. im Pufferbetrieb die Ladespannung dem jeweiligen Zustand der Batterie angepaßt, ohne daß am Stromverbraucher störende Spannungsänderungen auch bei stark schwankender Spannung im Wechselstromnetz auftreten. Ähnlich wirkende Einrichtungen können neuerdings auch zur Schnelladung benutzt werden und ergeben ebenfalls bessere Batteriewirkungsgrade als frühere Ladeverfahren.

Im weiteren Verlauf der Sitzung berichtete Herr A. Siemens VDE, Berlin, über Messungen an Glasstromrichtern, die wertvolle Aufschlüsse über die Verteilung der Verluste gaben und den Einfluß verschärfter Kühlung auf die Leistungssteigerung klärten. Besonders wirksam war bei diesen Versuchen eine verstärkte Kühlung des Raumes über der Kathode. Die Messungen zeigten zwar, daß sich die Leistungsfähigkeit von Glaskolben bei geeigneter Kühlung über 500 A steigern läßt, daß jedoch bei zu hoher Steigerung der Aufwand an zusätzlichen Kühleinrichtungen unerwünscht groß wird. Der Berichterstatter empfahl daher, das Arbeitsgebiet hoher Ströme lieber dem Eisenstromrichter zu überlassen.

Auch bezüglich der Rückwirkungen von Stromrichtern hat man weitere Erfahrungen sammeln können. Besonders aufschlußreich waren Messungen an einem gittergesteuerten Sechsphasen-Gleichrichter, über die im letzten Vortrag Herr E. Schulze VDE, Berlin, berichtete. Die Versuche zeigten, daß der gesteuerte Gleichrichter ohne Glättungsmaßnahmen bei den betriebsmäßig vorkommenden Aussteuerungsgraden und Belastungen etwa die doppelte Welligkeit der Gleichspannung und bis zu dreifach höhere Fernsprechformfaktoren gegenüber dem ungesteuerten Gleichrichter hat. Es empfiehlt sich daher, Glättungseinrichtungen zu verwenden, die nach den vorgenommenen Versuchen die Störspannungen auf ähnlich niedrige Werte herabsetzten, wie sie bei Einankerumformern üblich sind.

Die Berichte wurden sämtlich mit großem Beifall aufgenommen und hinterließen den Eindruck, daß Forschungsarbeiten und praktische Erprobungen auch im abgelaufenen Jahr dazu beigetragen haben, die Stellung des Stromrichters zu festigen und seine Anwendungsgebiete zu erweitern. O. Kasperowski VDE.

Fachgruppe C III Lichttechnik.

621. 32

Die Vorträge der Fachgruppe „Lichttechnik“ boten einen Einblick in das zur Zeit in starker Entwicklung befindliche Gebiet der Gasentladungslampen.

Herr Ewest, Berlin, gab zunächst eine Darstellung der Eigenschaften der Quecksilberentladung; insbesondere betonte er die Steigerung der Lichtausbeute und der Leuchtdichte mit der Erhöhung des Entladungsdruckes. Die Lichtausbeute nähert sich allerdings bei Drücken über 100 at einem Grenzwert, der bei ungefähr 70 Hlm/W liegt. Es werden bereits vier Typen von Quecksilber-Hochdrucklampen serienmäßig hergestellt, die in erster Linie für die Straßen- und Außenbeleuchtung verwendet werden. Die Weiterentwicklung der Quecksilber-Entladungslampen wird sich voraussichtlich auf die Anwendung noch höherer Entladungsdrücke erstrecken. Im Laboratorium sind bisher Höchstdrucklampen mit 50 bis 200 at Druck und Leuchtdichten bis ungefähr 200 000 sb gebaut worden. Ferner

Digitized by Google

wird man sich bemühen, den Mangel an Rot im Licht der Quecksilberlampen durch Zumischung von Glühlampenlicht oder durch Nutzbarmachung von geeigneten Luminophoren möglichst weitgehend auszugleichen. Beide Wege sind bereits mit gutem Erfolge praktisch erprobt worden.

Die Anwendung der sichtbaren Strahlung der Gasentladungslampen wurde von Herrn W. Kircher, Berlin, behandelt. Die farbige Beleuchtung der Entladungslampen ist zur Arbeitsbeleuchtung, insbesondere für die Prüfung von Werkstoffen, in neuerer Zeit mit bestem Ergebnis auf vielen Gebieten angewandt worden. Häufig lassen sich Fehler in Werkstoffen bei Wahl geeigneter Lichtfarbe für die Beleuchtung besser erkennen als mit Glühlampenlicht oder auch mit Tageslicht. Außerdem erhöht sich die Sehschärfe bei der Beleuchtung durch Lichtquellen, deren Strahlung sich aus wenigen Linien zusammensetzt.

Über die Anwendung der UV-Strahlung von Quecksilberlampen in der Technik berichtete Herr E. Lauster VDE, Hanau. Die Nutzbarmachung der Folieneinschmelzung in Quarz hat einen großen Fortschritt in der Entwicklung der Quarz-Quecksilber-Lampen gebracht und sie für den Gebrauch in technischen Anlagen reif gemacht. Insbesondere wird die bakterientötende Wirkung der UV-Strahlung ausgenutzt. Mit einem Entkeimungsgerät, das eine Quarz-Quecksilber-Röhre als Lichtquelle enthält, kann man z. B. Trinkwasser oder Wasser für den Buttereibetrieb in Molkereien, ferner für die Bierbrauerei weitgehend oder, wenn es gewünscht wird, vollständig entkeimen. Sehr wirkungsvoll ist auch die Entmuffung von Getreide, die Vitaminisierung von Nahrungsmitteln und die Behandlung von Pasten und Cremen durch UV-Bestrahlung. Ferner wird die UV-Bestrahlung angewandt zum Bleichen, zur beschleunigten Lichtbeständigkeitsprüfung und zur künstlichen Alterung von Lacken sowie zur Lackledernärtung. Bekannter ist die Anwendung der UV-Strahlung in der Reproduktionstechnik und in der Lichtpauserei. Sehr eigenartige Wirkungen lassen sich durch Bestrahlung von Plakaten, die mit Fluoreszenzfarben versehen sind, in dunkler Umgebung erzielen, wenn sie von UV-Strahlen getroffen werden.

Die Vorträge gaben ein in sich geschlossenes Bild von den Eigenschaften und den Anwendungsmöglichkeiten der Entladungsröhren, die sich auf verschiedenen technischen Gebieten bereits gut bewährt haben. In der lebhaften Aussprache über die Vorträge kam das allgemeine Interesse an diesen neuen Lichtquellen deutlich zum Ausdruck.

F. Born VDE.

Fachgruppe D I Steuerung und Regelung.

621. 316. 7

Die Frage der Regelung spielt sowohl für den Netzbetrieb als auch für Einzelanlagen eine große Rolle. Die Mittel zur Regelung sind den zu lösenden Aufgaben entsprechend auch verschieden. Grundsätzliche Ausführungen zur „Spannungs-, Frequenz- und Leistungsregelung in größeren Elektrowirtschaftsgebieten“ machte Herr G. Kraft, Berlin. Er wies auf die Verschärfung und Erweiterung der Anforderungen an die Reglertechnik hin, wie sie durch die zunehmende Großraumversorgung und durch die bevorstehenden gesetzlichen Richtlinien für die Sicherstellung der Energieversorgung bedingt sind. Außerdem kennzeichnete er die Bedeutung der Spannungsregelung an allen Stellen des Netzes, vom Kraftwerk bis zu den letzten Verbrauchern, vor allem den Lichtverbrauchern, die unter schlecht geregelten Spannungen besonders leiden.

Ein weiteres wichtiges Gebiet ist die Störungsregelung. Zur Erhöhung der Stabilität des Netzes und Vermeidung von Spannungssteigerungen nach erfolgter Fehlerabschaltung müssen alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die die neuzeitliche Elektrotechnik bietet. Er berührte ferner das Gebiet der Frequenzhaltung und wies auf die Zukunftsaufgaben der Regeltechnik hin.

Von Herrn W. Krämer VDE, Berlin, wurde „ein neuer selbsttätiger Antrieb für Regeltransformatoren“ für Niederspannungs-Netzregler kleiner und mittlerer Leistung beschrieben, bei dem unter Vermeidung von Relais bei einfachstem Aufbau und Unempfindlichkeit gegen Störungseinflüsse hohe Regelgenauigkeit erreicht wird. Da das spannungsempfindliche Organ des Reglers ohne Kontakte aufgebaut ist und wie alle anderen Teile unter Öl liegt, ist eine Wartung des Reglers nicht notwendig.

Ein weiteres Gebiet der Regelung behandelte Herr W. Jacobi, Berlin, in seinem Bericht über „Kurzzeitschalter mit gesteuerten Stromrichtergefäßen“. Solche Einrichtungen, die zur Dosierung von Stromstößen im Zeitbereich von 1 s bis 1 ms dienen, werden bei mittleren und größeren Leistungen aus einer Leistungs- und einer Vorstufe aufgebaut, wobei letztere die erforderliche große Zeitgenauigkeit gewährleistet. Die Leistungsstufe besteht bei längeren Zeiten aus zwei gegensinnig parallel geschalteten Stromrichtergefäßen, bei Zeiten unter $^1/_{100}$ s aus nur einem Gefäß, die durch die von der Vorstufe gelieferten Gitterspannung ausgesteuert werden. In der Vorstufe wird die rechteckige Spannungsform aus einer Gleichspannung mittels Zünd- und Lösch-Stromrichterröhre gewonnen. In Sonderfällen kann auch Photozellensteuerung in der Vorstufe verwandt werden.

Auf die „Besonderheiten bei der Regelung von Gleichstrommotoren durch Stromrichter“ ging Herr M. Stöhr, Berlin, ein und wies darauf hin, daß gittergesteuerte Stromrichter in der Schaltung als sogenannte Umkehrstromrichter grundsätzlich geeignet sind, Leonard-Sätze durch ruhende Einrichtungen zu ersetzen. Die Aufgaben, wie stufenlose Regelung der Drehzahl, Nutzbremsung und Drehrichtungsumkehr von Gleichstrommotoren lassen sich durch einfache Steuerung der Gitterspannung lösen, wenn man einige Besonderheiten, z. B. den Lichtbogenabfall im Gefäß, beachtet, die mit der Betriebsweise der Stromrichtergefäße zusammenhängen und die sich durch unbedeutenden Aufwand berücksichtigen lassen. *HM.*

Fachgruppe D II Schaltgeräte.

621. 316. 5

Von den vier Berichten dieser Fachgruppe behandelte der erste Bericht von Herrn Fr. Metzger VDE, Berlin, die „Entwicklung der Niederspannungsschaltgeräte für große Leistungen“. Sowohl der Vortrag selbst als auch die anschließende Aussprache zeigte, daß in stiller Kleinarbeit wesentliche Erkenntnisse über die Wirksamkeit und das Verhalten von verschiedenen Kontaktarten beim Ein- und Ausschalten von Gleich- und Wechselstrom gewonnen wurden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen hat dann die Elektroindustrie in den letzten Jahren Schaltertypen geschaffen, die sich bei weitgehend gesteigerter Leistungsfähigkeit im Platzbedarf, Gewicht und Preis in der Größenordnung der veralteten, heute nicht mehr genügend leistungsfähigen Typen halten.

Aus den beiden folgenden Berichten von Herrn O. Mayr VDE, Berlin, über „Neuere Entwicklungslinien im Bau ölloser Schalter“ und von Herrn Fr. Kesselring VDE, Berlin, über „Nicht brennbares Öl oder Wasser als Schaltflüssigkeit?“ war zu erkennen, daß die in den letzten Jahren heftig vorwärtsstürmende Entwicklung auf dem Gebiete der Hochspannungsschaltgeräte nunmehr in ein ruhigeres Zeitmaß übergegangen ist. Hierdurch gewann die Elektroindustrie Zeit zur Klärung wichtiger Einzelfragen und zur konstruktiven Feindurchbildung der am Markt befindlichen Schaltertypen. Aus den Vorträgen und aus der Aussprache konnte man feststellen, daß die in früheren Jahren heftig umstrittene Frage, ob Öl, Wasser oder Preßgas das geeignetste sei, gar nicht mehr besteht, sondern daß sich alle drei Löschmittel ihren Platz erkämpft bzw. ihn behauptet haben. Damit ist allerdings noch nicht gesagt, daß die Wissenschaftler und Konstrukteure sich nicht mehr bemühen sollen, die immerhin noch recht gro-

Digitized by Google

ben und gewaltsamen Verfahren der Lichtbogenlöschung durch bessere zu ersetzen.

Den Einfluß, den die inzwischen durchgebildeten Grundtypen der neuzeitlichen Leistungsschalter auf den Bau von Schaltanlagen haben, behandelte Herr H. Freiberger VDE, Frankfurt a. M., in dem vierten Bericht: „Ölarme Leistungsschalter und deren Einbau in Schaltanlagen". Der Berichter zeigte, daß für niedrigere Leistungen die Wandschaltertype, für mittlere Leistungen die sitzende Schaltertype und für hohe Leistungen und hohe Spannungen die stehende Schaltertype geeignet ist, allen Bedürfnissen des Schaltanlagenbaues gerecht zu werden. In der Aussprache wurde die Firmen jedoch davor gewarnt, mit Rücksicht auf die erhöhte Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Schaltertypen im Schalteranlagenbau eine rückläufige Entwicklung hinsichtlich der Betriebssicherheit eintreten zu lassen und diejenigen Fortschritte wieder über Bord zu werfen, die unter dem Einfluß der Furcht vor Ölschalterschäden gemacht wurden.

B. Jansen VDE.

Fachgruppe D III Schaltvorgänge.

621. 316. 064

Die Arbeiten der Fachgruppe Schaltvorgänge lassen sich in zwei Untergruppen aufteilen. Die erste Untergruppe befaßt sich in Weiterverfolgung der im Vorjahre mitgeteilten Untersuchungen mit den Vorgängen beim Abschalten von Kurzschlüssen zum Zweck der Entwicklung betriebsmäßiger Prüfvorschriften für Schalter. Mit diesem Teilgebiet beschäftigten sich zwei Vorträge. Die zweite Untergruppe macht sich zur Aufgabe, die Beanspruchung elektrischer Maschinen beim Auftreffen von Stoßspannungswellen zu ermitteln und Abhilfemaßnahmen zu treffen. Weiterhin gehört es zum Aufgabenkreis dieses Teilgebietes, die Einrichtungen zur willkürlichen Erzeugung von Stoßwellen zu untersuchen. Auch in dieser Untergruppe lagen zwei Fachberichte vor.

Herr W. Kaufmann VDE, Berlin, berichtete über Untersuchungen an Hochleistungsschaltern, die durchgeführt wurden, um den Einfluß der Unsymmetrie des Stromes auf den Abschaltvorgang zu klären. Die neuen IEC-Regeln für Hochleistungsschalter verlangen eine Prüfung der Schalter mit unsymmetrischen Strömen. Von amerikanischer Seite wird dabei der Vorschlag gemacht, das Schaltvermögen der Schalter durch einen „Effektivstrom" zu kennzeichnen, der sich aus dem Gleichstromanteil und dem Wechselstromanteil des unsymmetrischen Abschaltstromes errechnet. Diese Kennzeichnung scheint unstatthaft, da eine Untersuchung des Einflusses des Gleichstromgliedes auf die Lichtbogenleistung, die Schaltarbeit und die wiederkehrende Spannung gezeigt hat, daß sich allgemeine Beziehungen über das Abschaltvermögen bei symmetrischem und unsymmetrischem Strom nicht herleiten lassen.

Herr O. Schwenk VDE, Frankfurt a. M., brachte einen Beitrag zur Klärung der Frage über die Frequenz der nach dem Kurzschluß wiederkehrenden Spannung. Die Frequenz der wiederkehrenden Spannung, wie sie in betriebsmäßigen Netzen auftritt, ist bereits früher durch kathodenstrahl-oszillographische Messungen ermittelt worden. Diese Messungen haben Veranlassung gegeben, für Schalterprüfungen in Leistungsprüfanlagen Eigenfrequenzen zwischen 100 und 10 kHz für die Betriebsspannungen zwischen 6 und 100 kV vorzuschlagen. Untersuchungen des Vortragenden an einer Leistungsprüfanlage zeigen nun, daß die in Netzen auftretenden Eigenfrequenzen auch in Leistungsprüfanlagen erzielt werden können und somit die vorgeschlagene Prüfvorschrift erfüllt werden könnte. Die rechnerisch ermittelten Werte der Frequenz der wiederkehrenden Spannung ergeben eine ausreichende Übereinstimmung mit den KO-Messungen des Vortragenden. Es wird daher erneut der Vorschlag gemacht, für Schalterprüfungen in Leistungsprüfanlagen Eigenfrequenzen zwischen 50 und 5 kHz für die Nennspannungen zwischen 6 und 100 kV vorzuschreiben.

Herr G. Frühauf VDE, Berlin, vermittelte Ergebnisse über Stoßspannungsuntersuchungen an Transformatoren mit isoliertem Sternpunkt. Beim Aufprall dreipoliger Stoßwellen von annähernd gleicher Höhe kann der Sternpunkt derartiger Transformatoren zu gefährlichen Schwingungen angeregt werden. Messungen an drei sehr verschiedenen Transformatoren ergeben, daß die auftretenden Überspannungen durch Kondensatoren oder ohmsche Widerstände am Nullpunkt nur unvollständig, dagegen durch Überspannungsableiter völlig unschädlich gemacht werden können.

Herr R. Elsner VDE, Nürnberg, beschrieb die Schwierigkeiten, die bei der Erzeugung normgerechter Spannungsstöße bei Stoßanlagen für sehr hohe Spannungen auftreten. Die durch den Zündvorgang angeregten Oberschwingungen in der Stoßspannungsstirn, die besonders bei Prüflingen mit geringer Eigenkapazität in Erscheinung treten, sind nur durch verhältnismäßig große Reihenwiderstände in den einzelnen Stufen des Marxschen Stoßgenerators auszudämpfen. Der mit der Verwendung hoher Dämpfungswiderstände verbundene Spannungsverlust ist aber untragbar. Der Spannungsverlust kann vermindert werden, wenn man die Glättung der Schwingungen einesteils durch geringere Widerstände in den einzelnen Stufen, anderseits durch Zusatzkapazitäten im Außenkreis vornimmt. Bei Wellen mittlerer Rückenlänge führt diese Maßnahme zu befriedigenden Ergebnissen.

Für sehr steile Stoßwellen kann eine günstige Ausnutzung der Stoßgeneratorspannung nur dann erreicht werden, wenn der Prüfling über eine Spitzenfunkenstrecke an den Generator angeschlossen wird. Die Näherungsformeln der VDE-Leitsätze erweisen sich für Stoßgeneratoren für sehr hohe Spannung und größere räumliche Ausdehnung als unzureichend. Kathodenstrahloszillographische Messungen sind in diesen Fällen meist unerläßlich.

A. Schwaiger VDE.

Fachgruppe E 1 Fernmeldetechnik.

621. 391/5

Die beiden ersten Vorträge der Fachgruppe Fernmeldetechnik behandelten die Trägerfrequenztelephonie auf Breitbandkabeln. Die Trägerfrequenztechnik hat gegenwärtig einen Stand erreicht, der es ermöglicht, eine sehr große Zahl von Gesprächen gleichzeitig auf einer einzigen Leitung störungsfrei zu übertragen. Die in den letzten Jahren durchgebildeten Fernsehkabel stellen geeignete Leitungen zur Verfügung. Eine neue Technik der Ferntelephonie, bei der zwischen den Orten nur wenige Leitungen vorhanden sind, die aber Hunderte von Gesprächen führen, ist so im Entstehen.

Der Vortrag von Herrn H. F. Mayer VDE, Berlin, und Herrn D. Thierbach, Berlin, „Nachrichtenübertragung auf Breitbandkabeln" besprach die zweckmäßige Einteilung des Frequenzbereiches sowie den grundsätzlichen Aufbau der Trägerfrequenzeinrichtungen und der Zwischenverstärker. Durch ein besonderes Verfahren der mehrfachen Modulation gelingt es, die Trägerfrequenzen auf Abstände von 3 kHz zusammenzurücken und dabei doch mit einfachen Wellensieben in Sende- und Empfangsgerät auszukommen. Das Verfahren besteht darin, daß das Sprachband zunächst durch Modulation auf 6 kHz in den Bereich zwischen 3 und 6 kHz verschoben wird; je 10 solcher Bänder werden dann in eine Gruppe zwischen 30 und 60 kHz zusammengefaßt und 20 solche Gruppen schließlich in den Bereich zwischen 90 und 690 kHz verteilt, der zur Übertragung dient. Dadurch wird in jeder Modulationsstufe ein genügend großer Abstand zwischen den beiden Seitenbändern erreicht, so daß keine Schwierigkeiten bei der Aussiebung eines Seitenbandes entstehen, und es können in dem zur Verfügung stehenden Frequenzbereich 200 Gesprächskanäle hergestellt werden.

Digitized by Google

Ein anderer Vorschlag, bei dem die Trägerfrequenzabstände 4 kHz betragen, wurde von Herrn P. R. Arendt VDE, Berlin, in dem Vortrag „Neuere Entwicklung der Fernmeldetechnik infolge der Verwendung höherer Frequenzen" behandelt. Es sind hier nur 2 Modulationsstufen erforderlich; allerdings wird der für die gleiche Zahl von Kanälen erforderliche Frequenzbereich breiter, so daß das Trägerfrequenztelephonieband dichter an das bei 1000 kHz beginnende Fernsehband heranrückt. Herr Arendt wies ferner auf die Gesichtspunkte des betriebsmäßigen Einsatzes der Breitbandtelephonie hin und erwähnte kurz die für den in Betracht kommenden Frequenzbereich entwickelten Meßgeräte, von denen eine Reihe ausgestellt war.

In der Aussprache zu den beiden Vorträgen wurde unter anderem die Frage der Wirtschaftlichkeit der Breitbandtelephonie besprochen. Selbst wenn von dem eigentlichen Zweck der Kabel, der Fernsehübertragung, abgesehen wird, bietet die Breitbandtelephonie billige Gesprächsverbindungen. Die Wirtschaftlichkeit ist insbesondere bei großen Entfernungen gegeben; daher bildet die Breitbandtelephonie eine wertvolle Ergänzung des normalen Fernkabelnetzes.

Von Herrn G. Keller VDE, Berlin, wurde in dem Bericht „Der Verzerrungsmesser, ein vielseitiges Meßgerät für die Telegraphie" über eine Neukonstruktion des von Jipp angegebenen Telegraphie-Verzerrungsmessers vorgetragen. Durch die Anwendung von Glimmlampen an Stelle der früher verwendeten Funkenstrecken wird es möglich, neben der Zeichenverzerrung auch andere Vorgänge zu untersuchen, z. B. Hub-, Prell- und Kontaktvorgänge an Relais, Telegraphensendern und anderen Kontaktanordnungen. Das Gerät wurde vorgeführt.

Der letzte Vortrag von Herrn E. Schüller, Berlin, „Das Magnetophon", beschrieb eine Neuentwicklung der magnetischen Schallaufzeichnung. Fortschritte wurden besonders dadurch erzielt, daß an Stelle des Stahldrahtes oder -bandes ein Film aus schwer entflammbarer Azetylzellulose von 6,5 mm Breite und 0,05 mm Dicke verwendet wird, der eine Schicht aus kleinsten Eisenteilchen (Durchmesser etwa 0,1 µ) trägt. Der Frequenzbereich der Aufzeichnung liegt zwischen etwa 150 und 4000 Hz. Eine Vorführung des Gerätes zeigte die Güte der Wiedergabe und die Einfachheit der Bedienung.

In der Aussprache zu dem letzten Vortrag wurde besonders die Frage der nichtlinearen Verzerrung behandelt. Der Vortragende wies darauf hin, daß bei Sprachwiedergabe die nichtlineare Verzerrung nicht störend ist, daß aber auch bei Musikwiedergabe die nichtlineare Verzerrung des Gerätes noch erheblich geringer ist als bei einem großen Teil der Rundfunkempfangsgeräte.

K. Küpfmüller VDE.

Fachgruppe E II Hochfrequenztechnik.

621. 396/7

In der Gruppe „Hochfrequenztechnik" machte zuerst der Einführende allgemeine Bemerkungen über die drei Gebiete, auf denen sich die nachfolgenden Vorträge bewegten: Über die Erforschung der Ionosphäre, über Hochfrequenzstörungen und deren Beseitigung und über die Anwendung der Elektronenoptik auf die Braunsche Röhre.

Der erste Vortrag von Herrn Leithäuser VDE, Berlin, hatte den Titel: „Über die Zusammenhänge der atmosphärischen Störungen mit den Schichten der Ionosphäre und deren Bedeutung für die Wetterkunde". Der Vortragende berichtete darin über Versuche, die den Zweck hatten, eine Beziehung herzustellen zwischen den atmosphärischen Störungen und den zeitlichen Änderungen der Schichten der Ionosphäre, insbesondere der F-Schicht. Dabei wurde von den Störungen nicht nur ihre Zahl selbsttätig aufgezeichnet, sondern auch mittels eines Elektrizitätszählers die Elektrizitätsmenge, die sie in den Empfängern in Bewegung setzten. Beobachtet wurde, daß jede Veränderung der F-Schicht eine starke Veränderung in den Störungszahlen sowie in den Störungsmengen auftreten ließ. Vor dem abendlichen Aufsteigen der Schichten ist stets ein Maximum der Störungszahlen wahrzunehmen. Jede weitere Änderung der Schicht, z. B. Eintreten mehrfacher Reflexionen, macht sich durch Schwankungen der Störungszahl und Störungsmenge kenntlich. Von besonderem Interesse erwies sich die Änderung der Störungszahlen beim Sonnenaufgang. Mit dem Eintreten des Sonnenaufgangs und dem Aufstieg der F-Schicht steigt die Störungszahl erheblich an, um bald nach Sonnenaufgang abzufallen. Der Vortragende ist der Ansicht, daß diese Erscheinung, die im Winter wie Sommer beobachtet wurde, einem lichtelektrischen Effekt zuzuschreiben ist, der durch die auftreffenden Sonnenstrahlen in den störungserzeugenden Gebieten, wie Aufgleitflächen, Entladungsvorgänge auslöst. Er hofft, derartige Messungen in Beziehungen zur Wetterkunde setzen und aus ihnen Schlüsse auf die Wetterlage ziehen zu können.

Der zweite Vortragende, Herr A. Dennhardt VDE, Berlin, berichtete „Über Maßnahmen zur Minderung der hochfrequenten Störfähigkeit von Isolatoren". Er zeigte, daß es sich bei diesen hochfrequenten Störungen im wesentlichen um Teildurchbrüche des Luftdielektrikums handelt, wie sie durch oszillographische Versuche nachzuweisen sind. Eine hochfrequente Meßmethode, die zur Bestimmung der Störfähigkeit verwendet wurde, ergab, daß sie im wesentlichen von der Feldstruktur am Isolator abhängt. Demgemäß zeigen verschiedene Typen von Isolatoren verschiedene Größen der Störfähigkeit. Als Hilfsmittel zur Minderung der Störfähigkeit werden aufgezeigt: 1. Auskleidung der hochbeanspruchten Feldräume mit Metall- oder Halbleiterüberzügen und 2. Ausfüllen der entsprechenden Feldräume mit geeigneten Dielektriken. Die Wirkung dieser Maßnahmen wird bezüglich ihrer Anwendungsmöglichkeit auf Hänge- und Stützenisolatoren betrachtet und untersucht. Laboratoriumsversuche zeigen, daß namentlich mit den unter 1. erwähnten Maßnahmen eine Minderung der Störfähigkeit zu erreichen ist.

Der dritte Vortrag von Herrn W. Heimann, Berlin, hatte die „Anwendungen der Elektronenoptik in der Fernsehtechnik" zum Gegenstand. Die Einführung der Braunschen Röhre in der Fernsehtechnik zur Bilderzeugung auf der Empfangsseite bedeutete einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den mechanischen Systemen. Bei der Hochvakuumfernsehröhre wird mittels einer Elektronenlinse von einer punktförmigen Glühkathode auf einem Fluoreszenzschirm bei möglichst geringer Vergrößerung eine Abbildung erzeugt. Der dadurch entstehende Leuchtfleck ist ohne wesentliche Größenänderung in seiner Helligkeit steuerbar. Bei dem vorliegenden Elektrodensystem wurde durch geeignete Bemessung eine verhältnismäßig große Steuersteilheit (2 V für hell-dunkel) erreicht. Die Ablenkung des Strahles zur Erzeugung eines Zeilenrasters erfolgt elektrostatisch.

Senderseitig findet die Elektronenoptik bei dem Kathodenstrahlabtaster (Ikonoskop nach Zworykin) nur insofern Anwendung als sie das Abtastesystem zur Erzeugung eines Elektronenstrahls betrifft. Dagegen spielen bei dem Elektronenbildzerleger (Methode Farnsworth) elektronenoptische Fragen eine sehr große Rolle.

Die früher angestellten Untersuchungen über die Brauchbarkeit der elektronenoptischen Abbildung für den Bildzerleger sind inzwischen forgesetzt worden. Es wurde an Hand von Lichtbildern gezeigt, daß man sowohl mit magnetischer als auch elektrischer Linse sehr brauchbare Bilder erhält. Die nach der Bildzerlegung erhaltenen sehr schwachen Elektronenströme werden mittels eines Elektronenvervielfachers, der im Gegensatz zu dem Pendelvervielfacher nach Farnsworth mit einer Gitteranordnung aus feinmaschiger Gaze ausgerüstet ist, verstärkt. Mit 6 Gittern und einer Reflexionsplatte erhält man etwa 200fache Verstärkung. Ein mit diesem Zerleger erhaltenes Bild wurde mit dem entsprechenden Licht- und Elektronenbild verglichen.

J. Zenneck VDE.

Digitized by Google

Das Jungingenieurtreffen 1936 in München.

Die diesjährige Mitgliederversammlung in München des Verbandes Deutscher Elektrotechniker fand am 2. Juli d. J. in einem Jungingenieurtreffen ihren Auftakt. Wie der Leiter des Gaues Berlin-Brandenburg, Professor Dr.-Ing. M. Kloss, im Namen und im Auftrage des verhinderten Vorsitzenden des VDE, Staatssekretär Dr. Ohnesorge, betonte, ist diese Kundgebung der Jungingenieure mit Absicht an den Anfang der Tagung gestellt worden, um hierdurch zum Ausdruck zu bringen, daß der VDE den größten Wert auf die Mitarbeit der Jungingenieure legt. Zwar fand schon bei der vorjährigen Tagung in Hamburg ein Jungingenieurtreffen statt, doch wurde es diesmal durch die Unterstützung des VDE und der Firmen möglich, über 200 junge Fachgenossen in München zu versammeln. Herr Professor Kloss bezeichnete den wesentlichen Zweck der Zusammenkunft wie folgt:

„Was uns als Ziel vorschwebt, das ist das Hineinwachsen des jüngeren Nachwuchses in das schaffende Leben unseres Verbandes.

Der VDE legt großen Wert darauf, daß die Jungingenieure nicht lediglich an seinen Veranstaltungen, sei es hier auf der Jahresversammlung, sei es daheim bei den von den Gauen und ihren Fachausschüssen veranstalteten Vorträgen, als Zuhörer teilnehmen, sondern vielmehr, daß sie sich aktiv an der Arbeit beteiligen. Denn sie sollen später, wenn wir Älteren vom Schauplatz abtreten, die Geschicke und die mannigfachen Arbeiten des VDE erfolgreich weiterführen.

Um Ihnen dieses Hineinwachsen in die Verbandsarbeit zu erleichtern und zugleich, um Ihnen Gelegenheit zu weiterer Fortbildung auf Ihrem Fachgebiete zu geben, hat der VDE seit einiger Zeit die ‚Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure', nach Fachgruppen unterteilt, eingerichtet."

Abb. 1. Das Jungingenieurtreffen am 2. 7. 1936.

Weiter wies er besonders auf die Zusammenarbeit zwischen dem Alter und der Jugend hin, indem er ausführte:

„Denn gerade in dem verständnisvollen und freundwilligen Zusammenarbeiten zwischen der vorwärtsstrebenden Tatkraft der Jugend und dem an langjährigen Erfahrungen gereiften Alter liegt die sichere Gewähr einer wirklich erfolgreichen Aufbauarbeit. Am besten fährt immer der, der nicht aus eigener (unter Umständen recht teurer) Erfahrung lernen will, sondern aus den Erfahrungen anderer zu lernen ehrlich bemüht ist. Und das gilt, wie für alle Berufsstände, so in ganz besonders stark ausgeprägtem Maße gerade für unseren Ingenieurberuf. Denn wie wäre die in der Menschheitsgeschichte beispiellose Entwicklung der Technik anders möglich gewesen, als dadurch, daß jede Generation bewußt, ehrlich und dankbar aufgebaut hat auf den Erkenntnissen und den Erfahrungen ihrer Vorgänger."

Er schloß seine Ausführungen mit dem Hinweis, daß unsere ganze Arbeit nicht um unser selbst willen, sondern um unseres Volkes willen geschieht:

„Es genügt nicht, daß wir tüchtige Ingenieure zu werden und zu sein uns bemühen, — die rechte Weihe vielmehr erhält unser Schaffen erst dann, wenn es tagaus tagein sich bewußt und freudig einstellt auf den Dienst am Volke."

Über den Aufbau des VDE und über die besondere Arbeit, die der VDE dem Nachwuchs der Elektrotechnik widmet, sprach Herr Dipl.-Ing. Blendermann. Er umriß das Ziel der Zusammenkünfte der Jungingenieure wie folgt:

„Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, um einen persönlichen Kontakt zwischen Ihnen und dem VDE herzustellen und Ihnen über unsere Arbeiten in großen Zügen zu berichten. Ist einmal dieser Kontakt hergestellt, so wissen wir Elektrotechniker, daß die Verbindung besteht. Dies zu erreichen, soll das Ziel unserer Zusammenkünfte sein."

Herr Blendermann gab dann eine Übersicht über die Entwicklung der technischen Organisationen überhaupt und insbesondere des VDE[1]). Er lenkte die Aufmerksamkeit der Hörer auf die Arbeit des VDE und schilderte die Entstehung und die Bedeutung der allseitig anerkannten VDE-Vorschriften[2]).

Der Leiter der Reichsfachgruppe Technik bei der Reichs-Studentenbund-Führung, Herr Aly, überbrachte die Grüße und Glückwünsche des Reichsführers des Nationalsozialistischen Deutschen Studentenbundes, sprach über die politische und fachliche Arbeit des NS-Studentenbundes und nahm besonders zu der Frage „Was ist Jungingenieurarbeit?" Stellung:

„Für uns fängt die Jungingenieurarbeit schon vor dem Studium an, d. h. in der Werkpraxis. Hier kommt das erstemal der Schüler, der auf den höheren Schulen von der Technik und von dem Schaffen des Ingenieurs, überhaupt dem ingenieurmäßigen Einsatz im deutschen Volk sehr wenig gelernt hat und sehr wenig Verständnis dafür bekommen hat, mitten in sein Berufsgebiet hinein, und hier ist der erste Punkt, an dem die Jungingenieurarbeit einzusetzen hat, d. h. hier muß der ältere Berufskamerad dem angehenden Ingenieur, der

[1]) ETZ 57 (1936) S. 503.
[2]) ETZ 57 (1936) H. 27, S. 754.

Digitized by Google

mit allem Idealismus in seinen Beruf hineinkommt, an die Hand gehen, ihm behilflich sein und ihm während dieser praktischen Tätigkeit wirklich ein Berufskamerad sein, der ihm Anleitungen gibt und ihm diese praktische Tätigkeit zum wirklichen Erlebnis werden läßt.“

Der Redner ging besonders auf den Begriff der Kameradschaft ein, wie sie zwischen den jungen Fachgenossen sein soll und hauptsächlich auch zwischen den „Jungen“ und den „Alten“. Zur Erreichung dieses Zieles sollen auch die Arbeitsgemeinschaften und Arbeitskreise der Jungingenieure beitragen. In diese Kreise sollen auch die jungen Kameraden und Studenten der Hoch- und Fachschule mit eingeschlossen werden, damit sich das Ideal einer Arbeitskameradschaft in die Hörsäle und bis in den Studiengang jedes einzelnen erstreckt.

Die Reichsfachgruppe Technik sieht die Aufgabe des Studienganges darin, den jungen Menschen für seinen Beruf aufzuschließen und vorzubereiten, da der nationalsozialistische Staat ungeheuer wichtige und verantwortungsvolle Aufgaben an den Techniker stellt. Der nationalsozialistische Staat braucht Menschen, die fachlich hochwertig, weltanschaulich einwandfrei und darüber hinaus mit gesundem Menschenverstand ausgerüstet sind. Der NSDStB hat aus diesen Gedanken heraus ein Erziehungsprogramm für die Hoch- und Fachschulen aufgestellt, das nunmehr näher auseinandergesetzt wurde.

„Wir sind vom Studentenbund grundsätzlich der Ansicht, daß die Hochschulingenieure und die Fachschulingenieure nicht nur im Beruf draußen aufeinander angewiesen sind, sondern schon während der Ausbildung zusammengehören und daß oft der künstlich gesuchte Trennungsstrich zwischen Hoch- und Fachschule Kreisen entspringt, die ihr letztes A und O in der Wirtschaft sehen und aus diesen wirtschaftlichen Gründen glauben eine Trennung von Hoch- und Fachschule auch für die Zukunft immer beibehalten zu müssen. Hoch- und Fachschulen müssen auf technischem Gebiet aufs engste zusammengeschlossen werden, weil sie dasselbe Ideal und denselben Berufseinsatz haben.

Unsere Erziehungsarbeit setzt die Kameradschaft nicht in ihrer organisatorischen Form, sondern in ihrem vollsten Inhalt voraus, d. h. der junge Mensch muß einzig und allein in der Gemeinschaft aufgehen können und sich nicht nur zwangsläufig in diese Gemeinschaft stellen, sondern alle seine Kräfte aus dieser Gemeinschaft schöpfen.

Diese Kameradschaft denken wir uns als studentische Gemeinschaft. Aus dieser Gemeinschaft, die sozialistisch ausgerichtet und aufgebaut sein muß, d. h. verankert sein muß in der Volksgemeinschaft, in den Gliederungen der Partei, wollen wir nun die geistige und menschliche Kraft schöpfen, die für die Arbeit auf den Hochschulen und in den Berufen notwendig ist.

Das, was früher der studentischen Gemeinschaft gefehlt hat, war nicht das nationale, sondern das sozialistische Element. Das, was in unserem wissenschaftlichen Ringen um eine nationalsozialistische Durchdringung fehlt, ist die sozialistische Ausrichtung des Wissenschaftlers, der in einer individualistischen, liberalistischen Gesichtswelt geboren und erzogen wurde und daraus seine ganzen wissenschaftlichen Methoden entwickelt hat. Ich bin fest überzeugt, daß nur über ein ganz starres Einhalten der sozialistischen Richtung und aller Konsequenzen, die sich daraus ergeben, auch auf wissenschaftlichem Gebiete Neues für unsere Weltanschauung und Brauchbares für unser Volk entwickelt werden kann.

Das sind ungefähr die Grundzüge unserer Haltung, mit denen wir an die Bildung von Kameradschaften herangehen und die wir dann voraussetzen für all unsere weitere Arbeit.“

Eine weitere große Aufgabe sieht der NSDStB darin, daß die jungen Kameraden durch die Gemeinschaft dem Studium mehr zugeführt werden sollen, und vor allem ist ihnen ein gewisses Pflichtgefühl für die Erledigung der notwendigen Studienarbeit beizubringen.

„Das letzte Erziehungsmittel in nationalsozialistischem Sinne ist für uns die Lagergemeinschaft. Hier ist tatsächlich der Ort, wo die Kameradschaft zu Hause ist, wo jeder sich in die Kameradschaft einfügen muß und es auch gerne tut und wo aus dieser Kameradschaft die geistigen, wissenschaftlichen und politischen Gesichtspunkte entwickelt werden, die für unsere Arbeit notwendig sind. Für uns steht der Mensch, der deutsche Arbeiter und auch der Ingenieur, der Betriebsführer, im Brennpunkt alles Geschehens und nicht irgendeine Bilanz; die Betriebsgemeinschaft ist nicht ein formloses Schlagwort, sondern die letzte Folge einer sozialistischen Einstellung.

Ferner haben wir in unser Schulungsprogramm die Grundlagen der nationalsozialistischen Wirtschaftspolitik aufgenommen, aus der Erkenntnis, daß gerade auf diesem Gebiet der Student keinerlei Anregung von seiten der Hochschule erhält, daß es aber ungeheuer wichtig ist, daß der Ingenieur draußen im Beruf über die grundsätzlichen Dinge der Betriebsgemeinschaft und der Volkswirtschaftspolitik unterrichtet ist und auch in diesen Dingen zu leben versteht.“

Der Redner erläuterte dann näher den Reformvorschlag, den der NSDStB im Frühjahr dieses Jahres der Öffentlichkeit unterbreitet hat, und befaßte sich anschließend mit dem Nachwuchs an den höheren Schulen. Nach einer Umfrage, die der NSDStB an den höheren Schulen veranlaßt hat, werden sich bestenfalls rd. 5 % mit dem technischen Studium an Hoch- und Fachschulen in Zukunft befassen. Herr Aly schlug eine Werbeaktion vor, die im größeren Rahmen an den Schulen klarlegen soll, welche Aufgaben der junge Ingenieur im Beruf hat und welche große Verantwortung ihn im Rahmen der Gesamtarbeit der schaffenden Deutschen erwartet. An den Schluß seines Vortrages stellte er folgende Ausführungen:

„Unsere Zusammenarbeit muß darauf hinausgehen, gegen alle hemmenden und zurückziehenden Tendenzen und Elemente einen Stoßtrupp zu bilden, der auf Grund fester, absoluter Überzeugung und unbändigen Glaubens an seine Aufgabe herantritt und von dem später jeder durch fachliche Zusammenarbeit, durch Weiterbildung, durch Erfassung der ganzen Verantwortung, die dem Ingenieur übertragen wird, nun in seinem Beruf seinen Mann stellt.“

Anschließend berichtete der Obmann für das Jungingenieurwesen des VDE, Herr Dipl.-Ing. G. Müller, über die im letzten Jahre besonders vorwärts getriebene Jungingenieurarbeit durch die verschiedenen Gaue des VDE. An anderer Stelle dieses Heftes ist der Vortrag abgedruckt[3]).

Am Freitag, dem 3. Juli d. J., versammelten sich die Jungingenieure zur Besichtigung der neuen Bauten der NSDAP München. Am Abend desselben Tages fand gleichzeitig mit dem Haupttreffen ein Kameradschaftsabend im Festsaal des Hauses der Deutschen Studenten statt, der durch seine heiteren Vorträge und das kameradschaftliche Beisammensein im Sinne der Gemeinschaftsarbeit und des Zusammenschweißens der jungen Fachgenossen zu seinem Teil beitrug. H. Hasse VDE.

[3]) Siehe S. 903 dieses Heftes.

Digitized by Google

Die Jungingenieurarbeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Ansprache auf dem Jungingenieurtreffen des VDE in München 1936.

Von Günter Müller VDE, Berlin.

Liebe Jungingenieure!

Wenn ich Ihnen heute einen Bericht gebe über die vom Verband Deutscher Elektrotechniker seither geleistete Arbeit in der Jungingenieurbewegung, so muß ich zu Beginn meiner Ausführungen klarlegen, welche Beweggründe den VDE veranlaßt haben, gerade diesem Teil seines Tätigkeitsgebietes in den hinter uns liegenden Monaten erhöhte Aufmerksamkeit und besondere Pflege angedeihen zu lassen.

Es ist eine bekannte und geschätzte Eigenschaft des deutschen Ingenieurs, seinen Arbeiten mit Gründlichkeit nachzugehen. Die großen Pioniertaten deutschen Ingenieurkönnens haben gerade wegen der Exaktheit und gründlichen Durchdenkung in aller Welt Beachtung und Anerkennung gefunden und der deutschen Wissenschaft und Technik auf diesem Gebiete in mannigfacherArt eine führende Stellung gesichert.

Bei dieser Gründlichkeit zeichnete sich der deutsche Ingenieur darüber hinaus vor allem dadurch aus, daß er sein Augenmerk nur einseitig auf fachliches Können richtete, das bei der Weitverzweigtheit der Technik in einseitiges Spezialistentum ausartete und dadurch den organischen Zusammenhang mit dem Ganzen verlor. Eine derartige Einstellung mußte sich aber gerade in der Technik, deren richtige oder falsche Anwendung das Leben des Volkes entscheidend beeinflußt, besonders auswirken. Es konnte nicht ausbleiben, daß der Ingenieur durch seine einseitige Einstellung nicht in der Lage war, Herr seiner eigenen Arbeit zu sein und so ihre Auswirkungen zu beherrschen. Er wurde zu einem Werkzeug, und Kaufleute und Juristen bestimmten über den Einsatz seiner Arbeit.

Die nationalsozialistische Revolution hat auf allen Gebieten des deutschen Lebens eine Umwertung des Denkens und Handelns mit sich gebracht. Sie stellt auch an den Ingenieur wie an jeden anderen Volksgenossen andere Anforderungen, als es vor 1933 der Fall war. Wenn jeder einzelne heute bei allem seinem Tun in erster Linie den Belangen des Volksganzen Rechnung tragen muß, so gilt diese auf das Ganze gerichtete Tätigkeit in besonders hohem Maße von dem deutschen Ingenieur und Techniker, dem bei dem Neuaufbau unseres Vaterlandes große Aufgaben zur Erfüllung übertragen worden sind. Wir müssen bei unseren Arbeiten erkennen, daß unsere Tätigkeit nur dann einen Sinn haben kann, wenn sie unter bewußter Ausrichtung auf die Allgemeinheit ausgeübt wird. Der oberste Grundsatz der nationalsozialistischen Lehre „Gemeinnutz geht vor Eigennutz" muß Leitstern auch allen ingenieurmäßigen Denkens sein. Unsere Arbeit darf daher nicht um ihrer selbst willen ausgeführt werden, sondern muß sich bewußt einordnen in die Belange der Gemeinschaft.

Diese innere Umstellung, die seit 1933 auch in dem ingenieurmäßigen Denken Platz greifen mußte, wurde naturgemäß im allgemeinen von den Jüngeren schneller und gründlicher vorgenommen als von den älteren Berufskameraden. Uns Jungingenieuren konnte daher auch die Art der fachlichen Weiterbildung, wie sie früher in den technisch-wissenschaftlichen Vereinen gepflegt wurde, allein nicht genügen. So entstand aus dem ungestümen Wollen heraus, aus dem Drang, unsere Arbeit als Teil des großen Ganzen zu sehen und sie damit politischen Gesichtspunkten zu unterwerfen, die Jungingenieurbewegung.

Es ist also keineswegs so, daß der VDE von sich aus Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaften ins Leben gerufen hätte etwa in dem Bestreben, dadurch seinen Mitgliederkreis zu erweitern oder zusätzliche Beitragseinnahmen zu erzielen. Die Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaften sind aus den Kreisen der Jungingenieure selbst entstanden, und wenn diese Gemeinschaftsarbeit sich in der Form von Arbeitskreisen oder Arbeitsgemeinschaften bildete, so ist auch diese Organisationsform nicht von außen gegeben worden, sondern aus sich selbst gewachsen.

Die Tatsache nun, daß die verhältnismäßig junge Jungingenieurbewegung im Rahmen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker schon eine erhebliche Bedeutung gewonnen hat, erklärt sich einmal daraus, daß sich seit mehreren Jahrzehnten die vorwärtsstrebenden Fachgenossen der Elektrotechnik im VDE zusammengefunden haben, um ihre Kenntnisse zu erweitern und ihr Können zu vertiefen. Zum anderen hat, wie der Geschäftsführer des Verbandes heute vormittag schon ausführte, eine große innere Umstellung des VDE mit dem Durchbruch der nationalsozialistischen Weltanschauung nicht stattzufinden brauchen, weil der Verband Deutscher Elektrotechniker als technisch-wissenschaftlicher Verein in die Politik der Systemzeit nicht hineingerissen wurde.

Nicht finanzielle Erwägungen haben den VDE veranlaßt, der Jungingenieurarbeit besondere Liebe zuteil werden zu lassen, denn diese Tätigkeit des Verbandes und seiner Gaue verlangt nicht unerhebliche Zuschüsse. Der VDE betrachtet es als eine ihn ehrende Verpflichtung, als Zusammenschluß und Vertretung der deutschen Elektrotechniker mit allen seinen Kräften dafür Sorge zu tragen, auf seinem Arbeitsgebiet dem deutschen Volke Menschen zur Verfügung zu stellen, die durch ihre nationalsozialistische Grundhaltung verbunden mit bestem technischen Wissen und Können in der Lage sind, die vom Führer gestellten Aufgaben zum Wohle der Gesamtheit zu lösen.

Eine Antwort auf die Frage: „Wer ist Jungingenieur?" kann ich nicht geben, als Mitarbeiter ist uns jeder willkommen, der sich uns innerlich verbunden fühlt. Alter, Stellung und Einkommen sind uns gleichgültig, wir stellen nur eine einzige Bedingung an die Teilnehmer unserer Arbeiten, und diese Bedingung an alle:

> Wir verlangen in der Jungingenieurarbeit von allen Teilnehmern, daß sie entweder Nationalsozialisten s i n d oder den ehrlichen, kämpferischen Willen haben, Nationalsozialisten zu w e r d e n.

Wir verlangen auch nicht, daß alle Mitarbeiter die Mitgliedschaft im VDE besitzen, wenn wir auch den Beitrag für Jungmitglieder in Höhe von 1 RM monatlich bei Lieferung der ETZ und der „Rundschau Technischer Arbeit" für tragbar halten und in dem Studium dieser Zeitschriften eine wertvolle Ergänzung sehen. Die Mitarbeit ist kostenfrei und bringt keinerlei Verpflichtungen mit sich. Gerade diese freiwillige Arbeit gibt dem Schaffen seinen Sinn und ist uns in vieler Hinsicht Kriterium und Maßstab.

Bei den Leitern der Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaften und den Obleuten für das Jungingenieurwesen ist jedoch die VDE-Mitgliedschaft unerläßliche Voraussetzung; denn nur wenn durch diese Führer eine persönliche Verbindung zu dem jeweiligen VDE-Gau und damit zu den erfahrenen Berufskameraden gewährleistet ist, kann eine befruchtende Wechselwirkung zwischen alt und jung in dem notwendigen Ausmaße möglich sein. Wir brauchen zur aufbaufähigen Arbeit nicht nur die Erkenntnisse, die ältere Semester gewonnen, sondern auch deren persönliche Erfahrungen und begrüßen die Mitarbeit älterer Kameraden aufs wärmste.

Allgemeingültige Richtlinien lassen sich für die Jungingenieurarbeit nicht geben. Die örtlichen Verhältnisse sind zu verschieden, als daß sich ein Arbeitsverfahren angeben ließe, nach dem in allen Gauen und

Digitized by Google

Städten mit dem gleichen Erfolge vorgegangen werden könnte. In Berlin als dem Hauptsitz der elektrotechnischen Industrie ist der Boden für diese Arbeiten naturgemäß am günstigsten. Neben dem notwendigen Kreis interessierter Fachgenossen stehen genügend fachlich und auch politisch geschulte Kräfte zur Verfügung. Bei dem VDE-Gau Berlin-Brandenburg arbeiten zur Zeit 13 Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaften. Da es nicht möglich war, die 250 mitarbeitenden Berufskameraden in einer einzigen Gemeinschaft zusammenzuschließen, erfolgte eine Unterteilung nach Fachgruppen. Wir haben getrennte Arbeitsgemeinschaften für Kabeltechnik, Meßtechnik, Hochfrequenztechnik, Industrieanlagen, Elektromaschinenbau u. dergl. mehr. Die einzelnen Arbeitsgemeinschaften treffen sich alle 14 Tage, so daß an jedem Werktag mit Ausnahme des Sonnabends eine Jungingenieur-Arbeitsgemeinschaft zusammenkommt. Bei dieser starken fachlichen Unterteilung ist es erforderlich, mit ganz besonderer Aufmerksamkeit darüber zu wachen, daß diese Arbeitskreise nicht zu einer besseren Fortbildungsschule für diejenigen ausarten, die zu selbständigem Erarbeiten von Kenntnissen zu träge oder überhaupt nicht fähig sind. Es kann nicht Aufgabe der Jungingenieure sein, in den Arbeitskreisen eine Schulung für diejenigen Kameraden durchzuführen, die von sich aus nicht in der Lage sind, sich gewisse Grundlagen selbst anzueignen oder durch ernstes Studium zu erarbeiten. Das würde eine Unterstützung derjenigen, die mit Hilfe anderer möglichst bequem und billig — wenn auch langsam — etwas für ihren Beruf lernen wollen. Eine solche Betätigung ist den Namen „Jungingenieurarbeit" nicht wert.

Um dieser Gefahr der Ausbildung eines einseitig orientierten Spezialisten zu begegnen, ist durch organisatorische Maßnahmen dafür Sorge getragen, daß an besonderen Abenden die Teilnehmer der einzelnen Arbeitsgemeinschaften wechselseitig über ihre Ergebnisse unterrichtet werden. Alle vier Wochen findet eine Gemeinschaftsveranstaltung statt, auf der ein politisch geschulter Ingenieur einen technisch-politischen Vortrag hält.

Ich gebe zu, daß diese Art Jungingenieurarbeit von dem uns vorschwebenden Idealzustand noch recht weit entfernt ist, glaube aber, daß immerhin im Laufe des letzten Jahres auch bei dieser Art Arbeit wertvolle Erfahrungen und Erkenntnisse gesammelt worden sind, die uns für die weitere Ausgestaltung unserer Arbeit von großem Nutzen sein werden.

Eine vorbildliche Arbeitsweise hat der VDE-Gau Bergisch-Land eingeschlagen. Auch hier halten die Jungingenieure wie in Berlin selbst Kurzreferate. Der Abend ist jedoch nicht durch Vorträge über ein spezielles Thema ausgefüllt, sondern vermittelt noch am gleichen Abend die Erkenntnis, welche Bedeutung dem behandelten Gegenstand innerhalb des Volksganzen zukommt. Ich darf dafür zum besseren Verständnis ein Beispiel angeben:

Mit Rücksicht auf die fachliche Zusammensetzung der fraglichen Gruppe wurde das Thema „Kältetechnik" behandelt. Erst wurde die rein technisch-fachliche Seite besprochen. Ein Referat brachte den technischen Aufbau einer Kühlanlage, ein weiteres die Regelmöglichkeiten ganz allgemein, und ein drittes den physikalischen Vorgang bei den verschiedenen Kühlprozessen. Darauf aufbauend wurde die Bedeutung der Kühlung für die Lebensmittelerhaltung und schließlich die Frage der Ernährungsfreiheit Deutschlands behandelt.

Diese beiden aufgezeigten kennzeichnenden Beispiele für die Art der Gestaltung der Jungingenieurarbeit mögen genügen. Die in den anderen Gauen des VDE arbeitenden Jungingenieur-Gemeinschaften in Ilmenau, Weimar, Gotha, Erfurt, Chemnitz usw. nähern sich in ihrem Arbeitsverfahren mehr oder weniger der Behandlung in Berlin oder in Wuppertal.

Wie ich eingangs ausführte, streben wir bei unserer Jungingenieurarbeit die Schaffung eines Ingenieurs an, der durchdrungen von nationalsozialistischer Weltanschauung aufbauend auf höchster Fachkenntnis und getragen von einem verantwortungsvollen Standesbewußtsein diese in täglicher Berufsarbeit in die Tat umsetzt. Dieses Ziel zu erreichen ist eine Erziehungs- und Schulungsaufgabe, die mit dem Eintritt in die Schule einsetzen muß, sich über Fach- und Hochschule erstreckt und schließlich im Berufsleben ihre Fortsetzung findet. Folgerichtig wird die Arbeit der technischen Organisationen und damit auch die des VDE mit dem Zeitpunkt des Eintritts des Jungingenieurs in das Berufsleben einsetzen. Zu diesem Zeitpunkt muß sofort eine Erfassung und Weiterleitung des Jungingenieurs erfolgen.

Der Eintritt in das Berufsleben bedeutet einen tiefen Einschnitt und verlangt eine vollkommene Umstellung. Gerade in diesem wichtigen Zeitabschnitt war der Jungingenieur seither sich selbst überlassen; nur selten findet er in diesem Alter allein den Weg zu den technischen Organisationen und Verbänden. Hinsichtlich seiner weltanschaulichen Schulung muß vorausgesetzt werden, daß er diese, soweit sie grundlegender Natur ist, bereits von der Schule her mitbringt. Aufgabe der technischen Organisationen ist es, darauf aufbauend ihn im besonderen mit der Stellung der Technik zu den Gebieten des übrigen Lebens, wie Wirtschaft, Kultur usw. und über ihren richtigen Einsatz vertraut zu machen. Diese Schulung ist eine technisch-politische und somit eine Aufgabe des NS-Bundes Deutscher Technik.

Der NSBDT wird sich bei der Durchführung dieser Aufgabe der bewährten Kräfte innerhalb der Fachvereine bedienen.

Weil wir nicht wollen, daß der zukünftige deutsche Ingenieur weltfremder Fachmann bleibt, müssen wir den heranwachsenden Techniker in seinem aufnahmefähigsten Alter, d. i. als Jungingenieur, auch an die Fragen der großen Politik heranführen. Wir dürfen daher im eigenen Interesse dieses jungen Menschen keine Jungingenieur-Gemeinschaften bilden oder arbeiten lassen, ohne engste Fühlungsnahme mit dem NS-Bund Deutscher Technik; denn nur die durch die Schule des NSBDT gegangenen Berufskameraden werden in der Lage sein, die politische Ausrichtung in der Form zu geben und zu wahren, in der sie notwendig ist. Die zur Sicherstellung des Führungsanspruches des NSBDT notwendigen Maßnahmen werden zweifellos vom Reichsschulungsobmann in absehbarer Zeit getroffen werden. Die Jungingenieurarbeit ist in erster Linie eine politische Betätigung und gehört erst sekundär zum Aufgabengebiet eines Fachvereins. Wenn wir trotzdem von VDE-, VDI-Arbeitsgemeinschaften u. dergl. sprechen, und wenn der VDE diese Arbeitsgemeinschaften auf dem Gebiete der Elektrotechnik durchführt, so ist er sich bewußt, Treuhänder des politischen Willensträgers in der Technik, des NSBDT, zu sein.

Der VDE wird nach den heißen Sommermonaten in allen seinen Gauen erneut mit einem Ruf zur Mitarbeit an die Jungingenieure der Elektrotechnik herantreten. In manchen Gauen werden gemeinsame Arbeitsgemeinschaften mit anderen technisch-wissenschaftlichen Vereinen entstehen. Ich bin gewiß, daß wir dann neben den Berufskameraden aus der Industrie auch auf die älteren Semester an den Technischen Hoch- und Fachschulen bei der Mitarbeit rechnen können, die nach einer getroffenen Vereinbarung nach dem 4. Semester auf der Hochschule oder im 3. Semester auf der Fachschule auch dem VDE als Jungmitglieder beitreten können und, sofern sie Angehörige des NS-Studentenbundes sind, mit dem gleichen Zeitpunkt in den NS-Bund Deutscher Technik aufgenommen werden.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 24. Juli 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 6. August 1936 | Heft 32

Tragbare Bildsender.

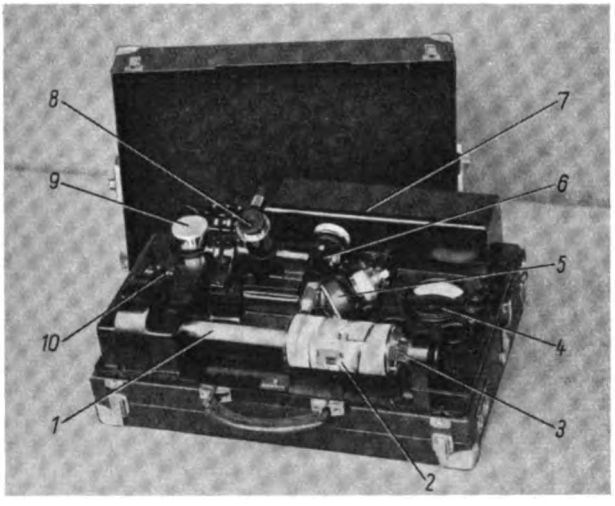
Von W. Keller, Berlin.

621. 397. 61

Übersicht. Nach einer kurzen Darstellung der heutigen Bedeutung der Bildtelegraphie werden die weiteren Ausbaumöglichkeiten der Bildtelegraphennetze betrachtet, wobei die Zweckmäßigkeit der Entwicklung ortsbeweglicher Sendeanlagen begründet wird. Anschließend folgt eine grundsätzliche Beschreibung der Wirkungsweise und Ausführung eines gemeinsam mit dem Reichspostzentralamt entwickelten tragbaren Bildsenders. Vierzehn dieser Bildsender stehen gelegentlich der Olympischen Spiele in Berlin auf dem Reichssportfeld, in Grünau, im Pressehauptquartier usw. sowie in Kiel für die Berichterstattung zur Verfügung.

Seit Inbetriebnahme der ersten öffentlichen Bildtelegraphenverbindung über Fernsprechleitungen zwischen Berlin und Wien durch die Deutsche Reichspost sind nahezu zehn Jahre verflossen. Damals waren die Versuchsarbeiten weit genug fortgeschritten, um die fabrikationsmäßige Herstellung von Bildtelegraphen aufzunehmen. In der Zwischenzeit wurden alle bedeutenden Städte in Europa mit Bildtelegraphenanlagen ausgerüstet und damit eine Bildübermittlung nach allen Teilen des Kontinents ermöglicht. Weitere Bildtelegraphennetze entstanden in Japan, Australien und in Nordamerika.

Die Bildtelegraphie dient heute fast ausschließlich der Zeitungs-Bildberichterstattung und hat für diesen Verwendungszweck erhebliche Bedeutung erlangt. Der Vorteil der schnellen Bildübermittlung durch die Bildtelegraphie kann jedoch nur voll ausgenutzt werden, wenn sich eine Bildtelegraphen-Sendestelle möglichst nahe bei dem Ort befindet, von dem eine Fern-Bildberichterstattung gewünscht wird. Zur Erreichung dieses Zieles könnte man nun das Bildtelegraphennetz mit ortsfesten Anlagen weiter ausbauen oder aber ortsbewegliche Bildsendeeinrichtungen schaffen. Der erste Weg ist nur bis zu einem gewissen Grad zu empfehlen, weil es sich gewöhnlich nicht lohnt, in kleineren Städten Bildtelegraphen aufzustellen, wo sie nur selten in Anspruch genommen werden. Nun gibt es aber Fälle, in denen sich auch an diesen Orten die Notwendigkeit ergibt, zahlreiche Bildtelegramme abzusenden, oder die in einer Stadt bereits vorhandenen Einrichtungen nicht ausreichen (z. B. bei großen politischen oder sportlichen Ereignissen).



1 Antriebswelle
2 Bildtrommel
3 Vorschubspindel
4 Meßinstrument
5 Abtastlampe mit Kondensor
6 Optik
7 Sendeverstärker
8 Beobachtungsrohr
9 Photozelle
10 Kupplung

Abb. 1. Bildsender.

Für die Lösung dieser Aufgabe sind die bisher verwendeten, nach anderen Gesichtspunkten entwickelten ortsfesten Einrichtungen weniger geeignet. Daher war die Entwicklung besonderer Geräte notwendig[1]). In Deutschland wurde zusammen mit dem Reichspostzentralamt ein tragbarer Bildsender entwickelt, der allen Anforderungen genügt und ohne weiteres mit jeder ortsfesten Empfangsstelle zusammenarbeitet, die den CCIT-Normen[2]) entspricht, sofern eine entsprechende Fernsprechverbindung zur Verfügung steht.

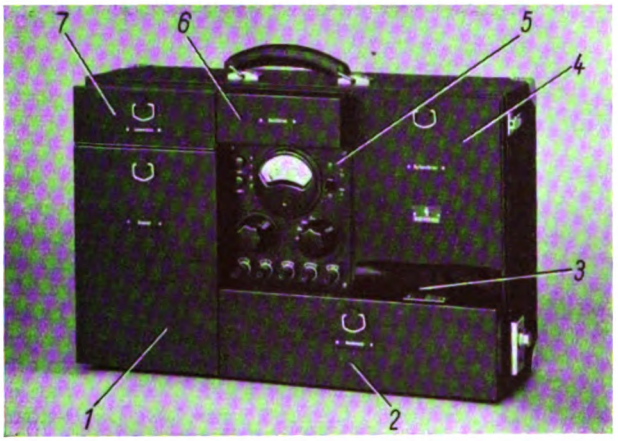
Sämtliche für die Bildübertragung erforderlichen Teile der tragbaren Sender sind in zwei Handkoffern untergebracht. Der eine Koffer (Abb. 1) enthält den eigentlichen Bildsender mit der Abtasteinrichtung und dem Sendeverstärker, während der zweite Koffer (Abb. 2) die notwendigen Batterien und die Stimmgabel mit Verstärker für die Gleichlaufeinrichtung aufnimmt. Die grundsätzliche Arbeitsweise des Geräts ist aus Abb. 3 zu ersehen.

Das Bild (Höchstgröße 13 · 18 cm) wird auf die Bildtrommel (66 mm Dmr.) aufgespannt, die sich, nachdem sie bei Beginn der Übertragung mit dem Antrieb gekuppelt wurde, mit gleichbleibender Geschwindigkeit dreht. Außerdem erhält die Bildtrommel durch die Spindel in der Trommelachse einen Vorschub in der Längsrichtung, entsprechend dem festgelegten (CCIT) Raster von 5⅓ Linien/mm. Eine kleine Fläche des zu übertragenden Bildes vor dem feststehenden Objektiv wird durch die Abtastlampe (Taschenlampen-Glühbirne) beleuchtet. Die Optik führt nun der Photozelle eine dem Helligkeitswert eines Bildelementes entsprechende Lichtmenge zu, wobei die Größe des

[1]) H. Stahl, ETZ 56 (1935) S. 342.
[2]) Comité Consultatif International Télégraphique. Avis no. 16, Bern 1931.

Digitized by Google

Bildelementes durch die eingebaute Blende bestimmt ist. — Die natürlichen Bildfrequenzen (0 bis 550 Hz), die durch die Tönungsunterschiede des Originalbildes in Abhängigkeit von der Abtastgeschwindigkeit entstehen, können jedoch weder auf einfache Weise verstärkt werden, noch ist bei den Fernsprechsystemen ein entsprechender Übertragungsbereich vorhanden. Es ist daher notwendig, mit einer Trägerfrequenz zu arbeiten, deren durch Modulation mit den natürlichen Bildfrequenzen erzeugte Seitenbänder innerhalb des für einen Fernsprechkanal zur Verfügung stehenden Frequenzbandes (300 bis 2600 Hz) liegen.



1 Edison-Sammler
2 Anodenbatterie
3 Verbindungsschnur
4 Synchronisierverstärker
5 Schalt- und Meßfeld
6 Ersatzteile
7 Mikrotelephon

Abb. 2. Batteriekoffer (Kofferdeckel abgenommen).

Die Trägerfrequenz wird auf einfache Weise durch eine vor der Photozelle angeordnete Lochscheibe (Zahnscheibe) erzeugt, die das Lichtstrahlenbündel entsprechend der Umdrehungsgeschwindigkeit und Zähnezahl unterbricht. Genau wie bei den ortsfesten Sendern beträgt die Trägerfrequenz 1300 Hz, und somit kann mit einer für die Bildtelegraphie ausreichenden größten Frequenzbandbreite von 1300 ± 550 Hz gerechnet werden. Bei diesem Frequenzband treten auf den in der Regel für die Bildtelegraphie verwendeten leichtbespulten Fernkabelleitungen die geringsten Laufzeitunterschiede auf, was für die einwandfreie Übermittlung der Bilder von besonderer Bedeutung ist. — Die theoretische Abtastgeschwindigkeit beträgt dann 4,3 min/dm². Praktisch werden jedoch für die Bildübermittlung 5 min/dm² benötigt, weil die Aufspannfedern und die Anschrift einen Teil der Trommelfläche einnehmen und damit die nutzbare Fläche verkleinern. — Die in der Photozelle durch die Lichteinwirkung ausgelöste elektrische Energie wird durch einen zweistufigen Sendeverstärker auf die für die Übertragung notwendige Leistung verstärkt. Je nach den Erfordernissen kann man die Ausgangsspannung mit einem Drehwiderstand ändern. Die Ausgangsspannung und die Lampenspannung werden mit dem eingebauten Spannungsmesser gemessen.

Um auch die Zusammenarbeit mit den Empfangsstellen zu ermöglichen, welche die Kerrzelle als Lichtsteuereinrichtung benutzen, wird im Bedarfsfall der Lichtstrahl einer zweiten Lampe, unter Zwischenschaltung der gleichzeitig für die Bildabtastung benutzten Lochscheibe und Photozelle zur Erzeugung der notwendigen Zusatzspannung, verwendet. Diese Zusatzspannung ermöglicht beim Empfänger eine Aussteuerung der Kerrzelle in dem geradlinigen Teil ihrer Kennlinie.

Zum Antrieb der Bildtrommel und der Lochscheibe dient ein gemeinsamer Motor, der von einem auf derselben Welle angeordneten Tonrad gesteuert wird. Eine genau abgeglichene Stimmgabel (510 Hz) mit zugehörigem Rückkopplungskreis und Verstärker erzeugt die notwendige Steuerfrequenz (Synchronisierfrequenz). Ähnliche Steuereinrichtungen, die mit einer Synchronisierfrequenz von 1020 Hz arbeiten, sind in jeder Bildtelegraphenanlage vorhanden. Darum besteht die Möglichkeit, die besonders verdoppelte Synchronisierfrequenz über die Fernsprechleitung zu übertragen, um deren Übereinstimmung mit der dortigen Stimmgabelfrequenz zu prüfen. Ebenso wird das Einstellen der Phasengleichheit mit der Empfängertrommel durch das vom Sender übermittelte Phasenzeichen ermöglicht. — Zum Verständigen mit der Gegenstelle dient ein gewöhnliches Mikrotelephon, das durch Betätigen eines Kippschalters wahlweise an Stelle des Bildsenders an die Fernsprechleitung in Zweidraht- oder Vierdrahtschaltung angeschlossen werden kann. Außerdem wird der Fernhörer oder der Spannungsmesser beim Einstellen des Gleichlaufs mit einem Drehwiderstand im Motorstromkreis verwendet.

Bei der Entwicklung des Bildsenders war die Aufgabe gestellt, eine möglichst unabhängige Stromversorgung zu schaffen, um dadurch den schnellen Einsatz an jeder Stelle zu ermöglichen, wo eine Fernsprechverbindung zur Verfügung steht. Diese Forderung wird mit zwei Batterien erfüllt. Ein besonders von der deutschen Edison Akkumulatoren-Company G. m. b. H. konstruierter Edison-Sammler (Stahl-Akkumulator), der aus 4 Zellen besteht, eine Kapazität von 40 Ah besitzt und für einen mindestens sechsstündigen Betrieb ausreicht, speist die Abtastlampe, die Zusatzlampe, die Verstärkerröhren, den Antriebsmotor, die Erregerwicklung des Tonrades und den Mikrophonstromkreis. Die Anoden- und Photozellenspannung sowie die Gittervorspannung werden einer Trockenbatterie (Rundfunk-Anodenbatterie) entnommen. Die vorgenannten Batterien sind zusammen mit dem Synchronisierverstärker im Batteriekoffer (Abb. 2) untergebracht, wobei die leichte Auswechselbarkeit der Batterien besonders berücksichtigt wurde. Die Batteriespannungen können mit einem eingebauten umschaltbaren Spannungsmesser gemessen werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, jede der benötig-

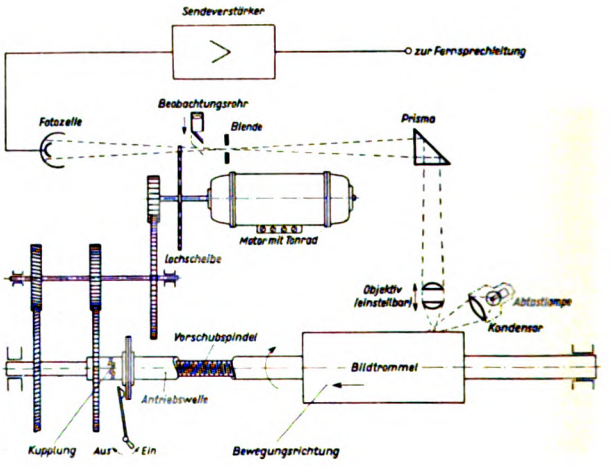


Abb. 3. Grundsätzliche Arbeitsweise des tragbaren Bildsenders.

ten Spannungen über Anschlußklemmen von außen zuzuführen. Diese Klemmen sind besonders wichtig, wenn auf die Mitnahme des Edison-Sammlers im Batteriekoffer verzichtet wurde oder der Sammler entladen ist. Dann wird an dieser Stelle eine Batterie mit entsprechender Kapazität, jedoch beliebiger Klemmenspannung zwischen 4,8 V und 8 V angeschlossen. Die erforderliche Betriebsspannung stellt man in diesem Fall mit einem ebenfalls eingebauten Vorwiderstand ein. Der Batteriekoffer enthält weiter noch Raum für Ersatzteile und nimmt auch das Mikrotelephon und die Anschlußschnüre während der Beförderung auf. Die beiden Koffer werden durch eine im Batteriekoffer fest angeschlossene Steckerschnur verbunden.

Digitized by Google

Sämtliche Einbauteile der beiden Koffer und die Koffer selbst sind mit Rücksicht auf die Beanspruchungen, denen solche ortsbeweglichen Geräte ausgesetzt werden, besonders sorgfältig und widerstandsfähig ausgeführt. Durch weitgehende Verwendung von Leichtmetallen erreichte man, daß die zulässigen Gewichte trotzdem nicht überschritten werden. Außerdem erhalten die Koffer für die Beförderung Schutzhüllen aus kräftigem Segeltuch mit Ledereinfassung. Für alle Teile, die einem gewissen Verbrauch unterworfen sind, wie Röhren, Lampen, Sicherungen und Photozelle, wird Ersatz mitgeführt. Bei der Entwicklung der Geräte wurde auf die leichte Beschaffungsmöglichkeit dieser Ersatzteile besonderer Wert gelegt, was durch Verwendung von Rundfunkröhren, -batterien und -sicherungen sowie Taschenlampen-Glühbirnen als Lichtquellen weitgehend erreicht ist.

Die beiden Handkoffer haben folgende Abmessungen und Gewichte:

	Gewicht
Sendekoffer, 510 · 360 · 200 mm	25 kg
Batteriekoffer, 570 · 370 · 200 mm Gewicht ohne Edison-Sammler	22 kg
Gewicht des Edison-Sammlers, der nur im Bedarfsfall im Batteriekoffer mitgenommen wird	12,5 kg.

Zusammenfassung.

Die tragbaren Bildsender, die in jeder Hinsicht den CCIT-Normen entsprechen, haben ihre praktische Verwendungsfähigkeit bei starker Beanspruchung bei sportlichen und politischen Veranstaltungen bereits bewiesen. Durch die Schaffung von solchen ortsbeweglichen Bildsendern, die überall schnell und ohne besondere Vorbereitungen eingesetzt werden können, hat die Bildtelegraphie noch größere Bedeutung für die Presse-Bildberichterstattung gewonnen und ist dadurch in den meisten Fällen allen für die Bildbeförderung zur Verfügung stehenden Mitteln überlegen.

Die Rundfunk-Kurzwellensendeanlage in Zeesen bei Königs Wusterhausen.

Von **A. Semm VDE**, Berlin.

621. 396. 712. 029. 6

Übersicht. Die Deutsche Reichspost hat die bestehende Kurzwellensendeanlage in Zeesen bei Königs Wusterhausen durch den Bau zweier neuer Senderhäuser und einer Anzahl neuer Richtstrahler erweitert. Im folgenden wird eine kurze technische Beschreibung der gesamten Anlage gegeben.

Der erste deutsche Kurzwellensender für den Rundfunkdienst nach Übersee wurde bereits im Jahre 1926 mit einer Telephonieleistung von 5 kW in Betrieb genommen. Er arbeitete zuerst auf eine einfache senkrechte Antenne. Die begeisterte Aufnahme der deutschen Sendungen im Auslande, besonders in Amerika, veranlaßte die Deutsche Reichspost zu weiteren Verbesserungen. Zur Steigerung der Empfangsfeldstärke wurden Richtstrahler errichtet, zunächst für Nordamerika, später auch für Afrika, Südamerika, Ostasien, Mittelamerika und Südasien, also insgesamt nach sechs verschiedenen Richtungen. Außerdem wurden im Laufe der letzten Jahre noch zwei weitere Kurzwellensender aufgestellt. Trotz all dieser Verbesserungen reichte aber die Anlage nicht aus, um den hohen Anforderungen, die die „XI. Olympischen Spiele 1936" an den Kurzwellenrundfunk stellen, voll und ganz gerecht zu werden. Die Deutsche Reichspost hat deshalb in großzügiger Weise die bestehende Anlage erweitert und auf dem gleichen Grundstück etwa 1 km von der ersten entfernt eine zweite geschaffen, die besonders dem „Ipa-Dienst" (Internationaler Programmaustausch) dienen soll. Die gesamte Anlage ist bereits in Betrieb.

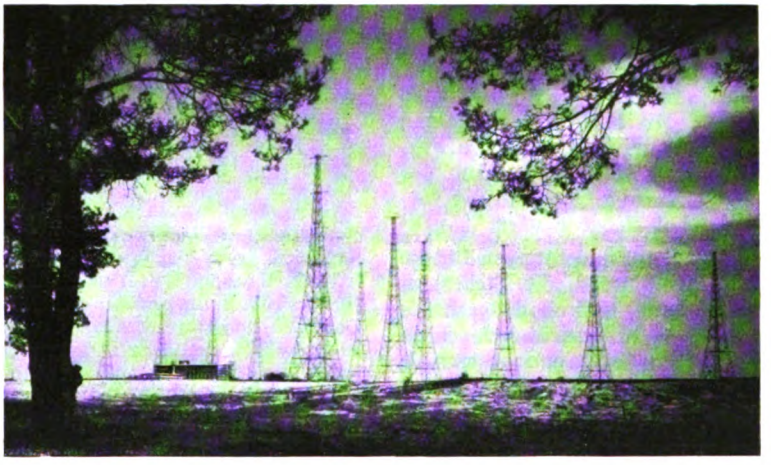


Abb. 1. Neue Richtstrahleranlage in Zeesen bei Königs Wusterhausen.

Im Kurzwellenverkehr braucht man bekanntlich für jede Richtung — durch die Ausbreitungsvorgänge bedingt — mehrere Wellen: eine Tages- und eine Nachtwelle, u. U. noch eine Übergangswelle. Bei der älteren Anlage sind deshalb nach Nord- und Südamerika drei, für alle übrigen Richtungen nur zwei Richtstrahler vorhanden. Bei der neuen Anlage dagegen wurden für jede Richtung drei Richtstrahler vorgesehen mit Ausnahme der Richtung Afrika, bei der aus Gründen der Wellenknappheit nur zwei Richtantennen in Frage kamen. Für die Richtungen nach Südamerika und Ostasien bzw. Mittelamerika und Südasien werden dieselben Antennen benutzt, nur die Strahlrichtung wird umgekehrt. Daraus ergibt sich, daß die alte Richtstrahleranlage 10, die neue 11 Antennen umfaßt (s. Abb. 1). Die Richtstrahler bestehen in bekannter Weise aus waagerechten Dipolen, die neben- und übereinander angeordnet sind. Alle Richtstrahler haben vier Dipole nebeneinander, nur der zuerst nach Nordamerika gebaute hat deren acht. Eine zu starke Bündelung ist beim Rundfunk nicht erwünscht. Die Zahl der übereinander befindlichen Dipole schwankt je nach Welle zwischen zwei und sechs. Die Höhe der Türme, zwischen denen die Dipole gespannt sind, beträgt 70 m bei der alten und 100 m bei der neuen Anlage. Jedem Richtstrahler ist ein Reflektor zugeordnet. Die am Empfangsort durch die Bündelung erreichte Energieerhöhung beträgt das 16- bis 64fache gegenüber einem einfachen Dipol, je nach Zahl der verwendeten Dipole. Die Rundfunkwellen im Kurzwellenbereich liegen zwischen 16 und 50 m.

Für jede Richtstrahleranlage wurde ein neues Senderhaus errichtet; dessen Lage wurde so gewählt, daß der Bedarf an Hochfrequenzkabeln, die die einzelnen Sender mit den Richtstrahlern verbinden, möglichst gering wurde. Zum Betrieb der neuen Kurzwellensender sind folgende Teilanlagen erforderlich: eine Hochspannungsanlage zur Verteilung des Netzstromes auf die verschiedenen Ver-

Digitized by Google

braucher, eine Gleichrichteranlage mit Eisengleichrichtern und Oxydkathodengleichrichtern, eine Niederspannungs- und Maschinenanlage, Siebmittel und eine umfangreiche Rückkühlanlage.

Die neuen Sender sind das Ergebnis einer langen Entwicklung. Folgende Forderungen wurden an sie gestellt: 1. Telephonieleistung 40 kW*[1]), 2. höchste Frequenzstetigkeit, 3. Modulationsgrad 80 %, 4. schneller Wellenwechsel.

Die erste Forderung ist nicht nur ein Röhrenproblem, sondern auch eine Frage der Schaltung und des geschickten Zusammenbaus der Einzelteile nach hochfrequenztechnischen Gesichtspunkten.

Da im Kurzwellenbereich gerade die günstigsten Wellen sehr dicht beieinander liegen, ist es zur Vermeidung gegenseitiger Störungen sehr wichtig, daß die einzelnen Sender ihre Sollfrequenz möglichst genau innehalten. Deshalb haben auch die neuen Sender zur Steuerung Quarze mit einer Frequenzstetigkeit von 10^{-6} erhalten. Bei den bisherigen Messungen hat sich gezeigt, daß die Sender infolge reichlicher Leistungsbemessung und Verwendung des B-Verstärkers[2]) eine Modulation bis nahezu 100 % zulassen.

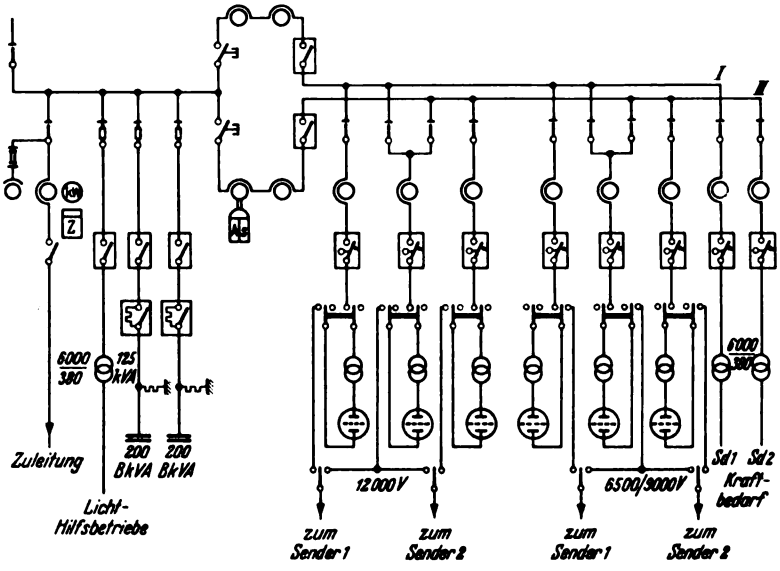


Abb. 2. Hochspannungs- und Gleichrichteranlage für zwei Kurzwellensender.

Bei den älteren Kurzwellensendern werden zu einem Wellenwechsel 20 bis 30 min gebraucht. Zur Abkürzung der Umschaltzeit enthalten die einzelnen Stufen der neuen Sender doppelte Abstimmittel. Mit Hilfe eines einzigen Umschalters kann jetzt der Wellenwechsel vollzogen werden. Während der erste Satz im Betrieb ist, kann der zweite nach einer Abstimmtafel für die Umschaltung vorbereitet werden. Jeder Sender hat sieben Stufen.

Bei der Planung der technischen Einrichtungen für die beiden Häuser war der Gedanke leitend, die Sicherheit soweit wie möglich zu treiben, ohne jedoch dadurch die Anlage unübersichtlich zu gestalten. Grundsätzlich erhielt jeder Sender eigene Hoch- und Niederspannungssammelschienen. Dies erschien bei dem Tag und Nacht laufenden Betrieb besonders wichtig, damit ein auftretender Fehler nur auf einen Sender beschränkt bleibt und gefahrlos beseitigt werden kann. In der Hochspannungsanlage haben die neuzeitlichen Expansionsschalter Verwendung gefunden. Sie werden mit Druckluft angetrieben und mit Hilfe von elektrischen Ventilen gesteuert. Die Bedienung der Hochspannungs- und Gleichrichteranlage geschieht von einer im Gleichrichterraum aufgestellten Steuertafel aus.

Für je zwei Sender sind von allen erforderlichen Stromquellen drei Sätze vorhanden (s. Abb. 2). Bei den Senderanlagen wird von Gleichrichtern weitgehend Gebrauch gemacht. Lediglich für die Heizung und die Gittervorspannung wird ein Maschinensatz verwendet. Für die kleinen Leistungen und Anodenspannungen bis 3500 V sind Hochvakuum- und Oxydkathodengleichrichter vorgesehen. Den Anodenstrom für die Leistungsstufen und den Modulator liefert je ein gittergesteuerter Eisengleichrichter. Ein gemeinsamer Gleichrichter ist nicht möglich, weil bei Kurzwellen die Anodenspannung der Schwingröhre niedriger liegt als die des Modulators.

Von den Anoden der wassergekühlten Röhren jedes Senders muß die freiwerdende Wärme entfernt werden. Hierfür dient je eine Rückkühlanlage, wie sie bereits bei den deutschen Großsendern verwendet wird.

Die Sendungen werden in jedem Haus in gleicher Weise wie bei den Großsendern überwacht. Da aber bei den Kurzwellensendern jedesmal nach wenigen Stunden Richtung und Welle geändert werden, ist eine weitere Überwachung der Ausstrahlung notwendig. Zu diesem Zweck sind einfache Empfangsdipole in die Strahlrichtung jeder Antenne gestellt. Die aufgenommene Hochfrequenz wird gleichgerichtet, verstärkt und einem Überwachungslautsprecher zugeleitet. In jedem Haus sind vier Abhörzellen aus Glas mit den erforderlichen Überwachungseinrichtungen aufgestellt.

*[1]) Unter „Telephonieleistung" ist nach den Festlegungen des CCIR die Antennenleistung bei nicht moduliertem Sender zu verstehen. Bei ausländischen Kurzwellensendern wird allerdings vielfach die aufgenommene (input) oder die Telegraphieleistung als „Leistung" angegeben.

[2]) B-Verstärker: Arbeitspunkt im unteren Knick der Röhrenkennlinie, besonders vorteilhaft in Gegentaktschaltung.

Das Berthon-Siemens-Farbfilmverfahren.

Am 21. 7. d. J. führte Siemens & Halske einen nach dem Berthon-Siemens-Farbfilmverfahren aufgenommenen Kurzfilm vor. Das Verfahren benutzt die bekannte physikalische Tatsache, daß sich jede Farbe aus den drei Grundfarben rot, grün und blau durch Mischung erzeugen läßt. Das von dem aufzunehmenden Gegenstand ausgestrahlte Licht wird durch ein Dreifarbenfilter des Objektives geleitet, und zwar entsprechen jedem Bildpunkt drei dicht aneinander liegende Bildpunkte, die entsprechend den drei Farbfiltern mehr oder weniger geschwärzt werden. Auf dem Film selbst sind nun auf einer vor der lichtempfindlichen Schicht liegenden Zelluloidschicht Linsenraster eingeprägt, die die durch das Linsenfilter entstehenden Farbauszüge entsprechend ihren Energiewerten in der Weise auf dem Film aufzeichnen, daß die lichtempfindliche Schicht nach der Umkehrentwicklung eine entsprechende Lichtdurchlässigkeit aufweist. Der Aufnahmefilm ist also ein Schwarz-Weiß-Film, so daß hiervon Kopien angefertigt werden können, die Voraussetzung überhaupt für die Einführung dieses Verfahrens. Der Vorgang bei der Wiedergabe des Films ist umgekehrt. Punkt für Punkt können also alle Farben nach ihren Helligkeitswerten, nach ihren Anteilen aus den drei Grundfarben, aufgenommen und auf dem umgekehrten Wege wiedergegeben werden. Die Lichtquelle muß, bedingt durch die Verwendung von Filtern, wesentlich verstärkt werden. Der vorgeführte Film zeigte, daß alle Schwierigkeiten durch Gemeinschaftsarbeit von Ingenieur und Chemiker überwunden werden konnten.

Digitized by Google

Die Fernmeldeanlagen auf dem Reichssportfeld.

621. 39 : 725. 9

Übersicht. Auf dem Reichssportfeld, dem hauptsächlichen Schauplatz der Olympischen Spiele, wurden ausgedehnte Fernmeldeanlagen eingerichtet, um die Zusammenarbeit räumlich getrennter Stellen zu erleichtern und den reibungslosen Ablauf der Veranstaltungen zu sichern. Behandelt werden die Fernsprechanlagen, die Uhren- und Lichtzeicheneinrichtungen.

Die Notwendigkeit, bei der Neugestaltung des Reichssportfeldes die Fernmeldetechnik in großem Umfang heranzuziehen, ergab sich vor allem aus der erheblichen Ausdehnung des Geländes mit seinen zahlreichen Gebäuden, der Vielzahl der auf straffste Zusammenarbeit angewiesenen Stellen und dem gleichzeitigen Auftreten sehr großer

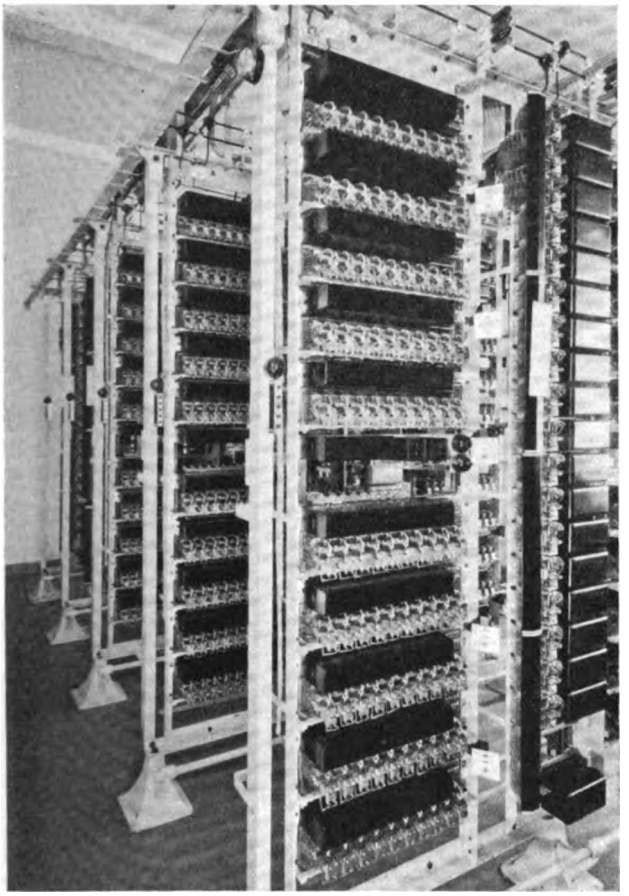


Abb. 1. Blick in die Selbstanschlußzentrale im Haus des deutschen Sports auf dem Reichssportfeld.

Zuschauermengen. Grundsatz bei der Planung der Fernmeldeanlagen war, daß sich alle über das Gelände verteilten Stellen unmittelbar verständigen können und daß außerdem innerhalb jeder Kampfstätte die notwendigen Verständigungsmöglichkeiten zur Leitung der Spiele und der Lautsprecherübertragungen vorhanden sind. Wie fast alle Einrichtungen des Reichssportfeldes sind auch die Fernmeldeanlagen Dauereinrichtungen, da nach den Spielen hier der Mittelpunkt des deutschen Sports sein wird.

Unter den Fernsprechanlagen ist vor allem die das gesamte Reichssportfeld beherrschende Selbstanschlußanlage zu nennen, deren Zentrale (Abb. 1) sich im Haus des deutschen Sports befindet. Sie vermag bis zu 500 Teilnehmer aufzunehmen. Die Anschlüsse befinden sich vor allem zunächst im Hause des deutschen Sports selbst, in dem der Reichssportführer und seine Dienststellen ihren ständigen Sitz haben. Etwa 30 dieser Fernsprechanschlüsse sind mit Sekretärstationen ausgestattet. Weitere Anschlüsse sind u. a. in den einzelnen Kampf-

Abb. 2. Neha-Vermittlungszentrale im Haus des deutschen Sports.

stätten, an den Plätzen der Kampfrichter, in der Polizeiunterkunft, im Ärztehaus, auf dem sog. Wirtschaftshof sowie auf den verschiedenen Türmen. Sie sind durch Erdkabel an die Zentrale herangeführt. Zur Verbindung mit dem Fernsprechamt dienen 30 Amtsleitungen, ferner sind 9 Querverbindungen vorhanden, die z. B. zum Olympischen Dorf, zum zuständigen Ministerium und zu sonstigen, außerhalb des Geländes liegenden Verwaltungsstellen führen. Die an diese Zentrale im Hause des deutschen Sports angeschlossenen Teilnehmer stellen die Verbindungen durch Betätigen ihrer Wählscheiben her, Amtsleitungen erhalten sie durch Wählen einer Kennziffer. Lediglich die vom Amt kommenden Gespräche werden an drei Vermittlungstischen (Abb. 2) abgefragt und von hier an die gewünschten Nebenstellen weitergeleitet. Die Vermittlungstische sind neuester Ausführung (Neha-System) und vor allem von dem Gesichtspunkt aus gebaut, daß zum Weiterleiten des Gespräches nur wenige Handgriffe genügen. Bei einem Anruf leuchtet die der Postleitung zugeordnete Anruflampe auf. Die Bedienung hat nur den zugehörigen Abfrageschalter umzulegen, eine Wählertaste zu drücken und die Nummer des gewünschten Nebenstellenteilnehmers zu wählen. Darauf wird der Abfrageschalter zurückgelegt. Zum Wählen der Nebenstellennummern dient ein Geradezug-Nummernschalter, der sich durch seine bequeme Handhabung auszeichnet.

Die Fernsprechanlagen in den einzelnen Kampfstätten, die hauptsächlich zur Verständigung bei den Lautsprecherübertragungen zwischen der Verstärkerzentrale und den Anschlußstellen für Mikrophone und Lautsprecher dienen, sind teils Hebellinienwähleranlagen, teils mit handbedienten Vermittlungen ausgerüstet. Im Olympiastadion sind die Anschlüsse der Hebellinienwähleranlagen als wasserdichte Steckdosen im inneren Umgang angebracht (Abb. 3). An sie werden die tragbaren Apparate nach Bedarf angeschaltet. Im Schwimmstadion, auf dem Maifeld und dem Reitturnierplatz werden die ebenfalls von tragbaren Fernsprechern in Ledertaschen geführten Gespräche an handbedienten Schränken vermittelt. Diese

Digitized by Google

Vermittlungsart wurde deshalb gewählt, weil die Bedienung gleichzeitig die über alle Maßnahmen in der betreffenden Kampfstätte unterrichtete Zentralstelle ist.

Eine sehr umfangreiche Fernsprechanlage wurde für die Zwecke der Rundfunkübertragung eingerichtet, um eine Verständigung zwischen den Anschlußstellen für die Mikrophone, dem Regieraum und den Sendern zu ermöglichen. Sie besteht aus einer handbedienten Zentrale mit vier Arbeitsplätzen, an der über 300 Sprechstellen innerhalb und außerhalb des Kampfgeländes liegen. Sie verfügt über zahlreiche direkte Leitungen zu den Sendern, dem Fernamt, dem Funkhaus usw. Zu dieser Anlage gehören ferner vier sog. Dolmetscherschränke mit je 30 Anschlüssen, die dann in die Leitungen eingeschaltet werden, wenn Übersetzung der Gespräche nötig ist. Ferner sind für die Zwecke der Rundfunkübertragungen eine Wählerzentrale mit 80 Anschlüssen und zwei Vorschaltschränke vorgesehen.

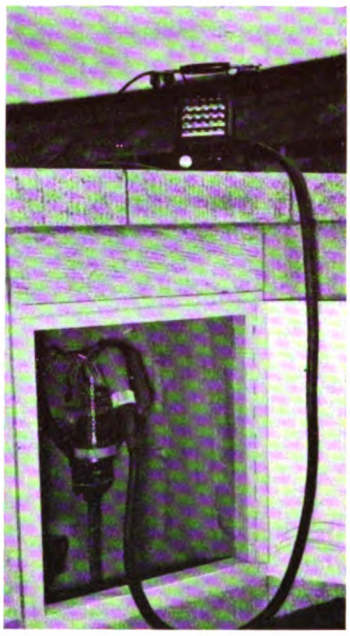


Abb. 3. Anschlußstelle für einen Apparat der Hebellinienwähleranlage im inneren Umgang der großen Kampfbahn.

Eigene Fernsprechnetze haben auf dem Reichssportfeld ferner die Polizei, die 30 Sprechstellen in ihren verschiedenen Wachen benötigt, sowie das Rettungsamt, dem neben dem Ärztehaus sieben über das ganze Gelände verteilte Rettungsstellen zur Verfügung stehen. Diese Fernsprechanlagen haben auch eigene Amtsleitungen sowie Querverbindungen zu den entsprechenden Einrichtungen in der Stadt. An kleineren, aber darum nicht weniger wichtigen Fernsprechanlagen sind noch die für die Verbindung der einzelnen Transformatorenstationen dienenden zu nennen, sowie die für den Bühnenbetrieb im Hause des deutschen Sports bestimmten.

Eine besonders umfangreiche Ausstattung mit Fernsprechanlagen erwies sich in der Dietrich-Eckart-Freilichtbühne als notwendig. Sie erhielt zwei Hebellinienwähleranlagen für die Leitung der Lautsprecherübertragungen, und zwar sind hier hauptsächlich Apparate mit Lichtzeichen benutzt. Eine weitere, mit lautsprechenden Telephonen ausgerüstete Anlage verbindet den Regieraum mit den beiden Beleuchtertürmen. Lautsprechende Telephone wurden deshalb auf den Türmen verwendet, damit das Personal die Hände für die Bedienung der Scheinwerfer usw. frei hat. Die Lautstärke ist natürlich nur so groß, daß sie die Vorführung nicht stört.

Neben dem Fernsprecher ist auch die Fernschreibmaschine in großem Umfang herangezogen worden, um den reibungslosen Ablauf der Veranstaltungen sicherzustellen. Für den Verkehr auf dem Gelände selbst ist eine Anzahl Fernschreibmaschinen im Regieraum und im Vervielfältigungsraum vorgesehen, wo die Berichte für die Presse vervielfältigt werden. Fernschreibverbindungen bestehen auch vom Reichssportfeld zum Organisationsausschuß der Olympischen Spiele in der Hardenbergstraße, nach Grünau zur Stätte der Ruderwettbewerbe, zur Deutschlandhalle, zum Olympischen Dorf und zu den Schießständen in Wannsee. Ferner wird ein Fernschreib-Verteilungsnetz eingerichtet, das es Zeitungen, Hotels usw. ermöglichen wird, die Berichte vom Reichssportfeld unmittelbar zu empfangen.

Um überall übereinstimmende Uhrzeit zu haben, wurde eine ausgedehnte elektrische Uhrenanlage errichtet. Sie umfaßt etwa 150 Uhren, die von einer in der Fernsprechzentrale untergebrachten Hauptuhr gesteuert werden. Die Uhren sind z. T. in den Innenräumen, z. T. an den Außenwänden der Gebäude und an den Türmen angebracht (Abb. 4). In einer Reihe der Uhren, insbesondere in den Unterrichtsräumen im Hause des deutschen Sports, sind Schnarren eingebaut, die das erste Viertel jeder Stunde („akademisches Viertel") ankündigen. In diesem Zusammenhang ist ferner die große Stoppuhr zu nennen, die an einem Turm des Marathontores angebracht ist. Sie springt in Zehntelsekunden und wird über die in der Kampfbahn eingelassenen Anschlußstellen mittels Druckknopfes betätigt und stillgesetzt.

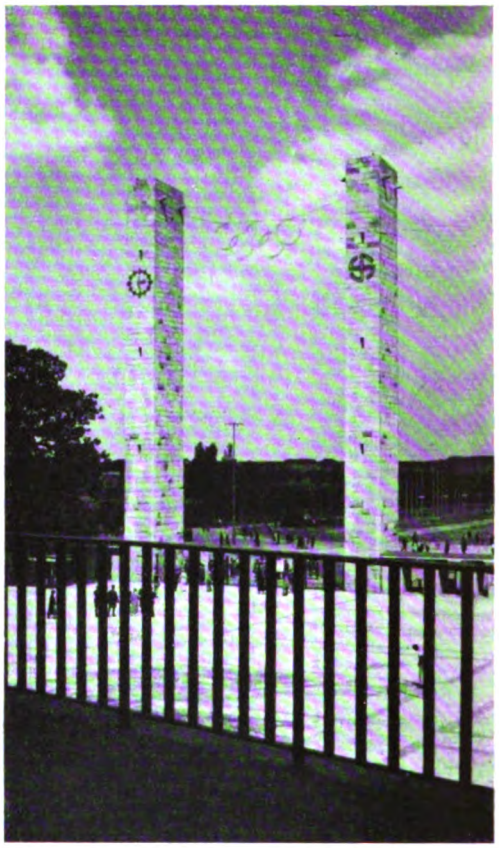


Abb. 4. Das olympische Tor.

Zu den Fernmeldeanlagen gehören endlich noch Lichtzeicheneinrichtungen für die Regie der Festspiele auf dem Maifeld, für die Dietrich-Eckart-Freilichtbühne und für den Bühnenbetrieb im Haus des deutschen Sports. Sie dienen hauptsächlich dazu, den Mitwirkenden das Zeichen zum Auftritt zu geben.

W. Jaekel VDE.

Digitized by Google

Das Kreisdiagramm der elektrischen Welle.

Von T. Schmitz VDE, Dresden.

621. 313. 3-58

Übersicht. Die Ortskurven für die Stromvektoren zweier, eine elektrische Welle bildender Drehstrommotoren werden ermittelt; mit Hilfe dieser Ortskurven werden die Eigenschaften der elektrischen Welle untersucht.

Unter „elektrischer Welle" versteht man eine Vorrichtung, die dazu dient, den Gleichlauf zweier oder mehrerer Motoren ohne mechanische Kupplung derselben aufrechtzuerhalten. Dies wird erreicht, indem man mit jedem der zu synchronisierenden Motoren je einen asynchronen Drehstrom-Schleifringmotor kuppelt, diese Kupplungsmotoren an ein gemeinsames Drehstromnetz anschließt und ihre Schleifringe parallel schaltet. Es ist auch eine Gleichlaufschaltung mit Hilfe synchroner Kupplungsmotoren möglich, doch soll in dieser Arbeit nur der Betrieb mit Asynchronmotoren behandelt werden. Ferner soll die Untersuchung auf den Gleichlauf nur zweier Hauptmotoren beschränkt werden. Die Gleichlaufschaltung ist schon mehrfach beschrieben und in ihrer Wirkungsweise untersucht worden[1]). Diese Untersuchungen sollen in der vorliegenden Arbeit durch Aufstellung der Ortskurven für die Vektoren der in der Schaltung auftretenden Ströme und Spannungen erweitert werden[2]).

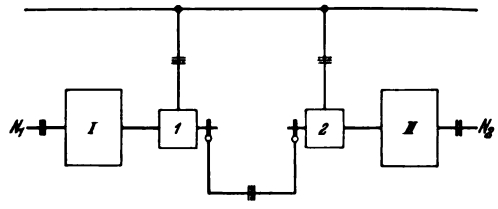


Abb. 1. Grundsätzliches Schaltbild der elektrischen Welle.

Abb. 1 zeigt das Prinzip der Schaltung. *I* und *II* sind die zu synchronisierenden Motoren beliebiger Art. Wir wollen von ihnen nur annehmen, daß sie gleiche Drehzahlkennlinien haben, d. h. daß zu gleichen Drehmomenten auch gleiche Drehzahlen gehören. *1* und *2* sind die Kupplungsmaschinen. N_1 und N_2 seien die Nutzlasten, mit denen die Hauptmaschinen belastet sind. N_1 soll größer als N_2 sein. Da die Motoren *I* und *II* gezwungen sind, bei gleicher Drehzahl gleiche Leistungen abzugeben, so ist an der Welle des Motors *II* ein Leistungsüberschuß vorhanden. Dieser Überschuß an mechanischer Energie wird dem Kupplungsmotor *2* zugeführt und von diesem als elektrische Energie entweder über das Netz oder über die Schleifringe dem Motor *1* zugeführt, der sie als mechanische Energie an die Welle des Motors *I* abgibt. Erfolgt die Energiezuführung über das Netz, so arbeitet der Motor *1* als normaler ständergespeister Motor, dessen Moment im Untersynchronismus stets die Richtung des Drehfeldes hat. Erfolgt die Zuführung dagegen über die Schleifringe, so arbeitet der Motor *2* als läufergespeister Motor, dessen Moment im Motorbereich stets entgegen der Umlaufrichtung des Drehfeldes wirkt. Die Maschine *2* wirkt im ersten Fall als Asynchrongenerator mit untersynchronem Generatorbereich. Dies wird dadurch ermöglicht, daß den Schleifringen der Maschine *2* vom Motor *1* eine Spannung aufgedrückt wird, die der Schlupfspannung von *2* im wesentlichen entgegengerichtet ist. Wie bei den bekannten Regelsätzen wird hierdurch der Generatorbereich zum Teil in den Untersynchronismus verlegt. Im zweiten Fall wirkt Maschine *2* als Periodenumformer, der sowohl aus dem Netz als auch von der Welle Energie aufnimmt und diese bei erhöhter Frequenz über die Schleifringe abgibt.

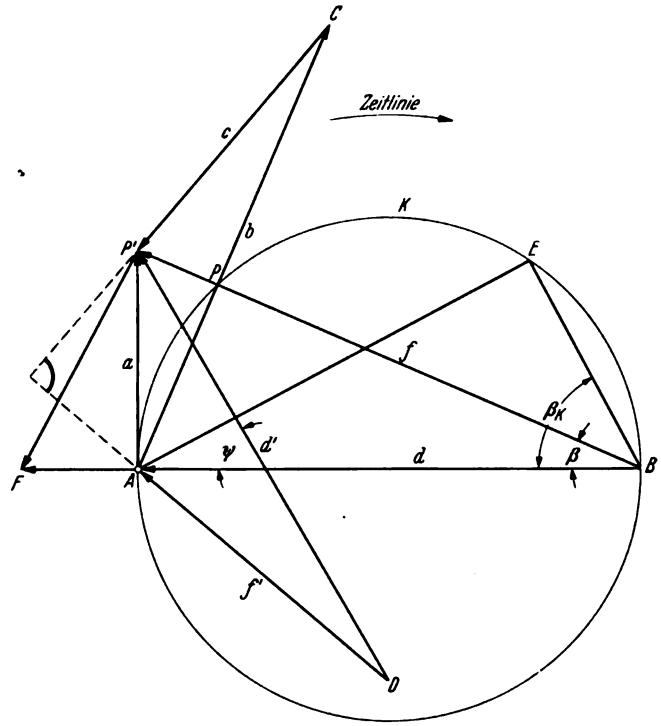


Abb. 2. Strom- bzw. Spannungs- oder Kraftflußdiagramm eines einzelnen Motors und der elektrischen Welle.

Wir wollen zunächst das Vektordiagramm für den ersten Fall entwickeln, in dem *1* als ständergespeister Motor wirkt. In Abb. 2 stellt der Kreis *K* das Kreisdiagramm der Kupplungsmotoren dar, wie es aussehen würde, wenn ihre Schleifringe über einen induktionsfreien Widerstand geschlossen wären, dessen Ohmwert je Phase dem einer Läuferphase des Motors *2* gleich ist. Wir legen hierbei das vereinfachte Heyland-Diagramm unter Vernachlässigung der Ständerverluste zugrunde. Dem Kurzschlußpunkt entspreche der Winkel β_K. Je nach dem Maßstab stellen die Strecken im Diagramm Ströme, Spannungen oder Kraftflüsse dar. So stellt z. B. $\overline{AB}$ den sekundären Kraftfluß Φ_2 bei Leerlauf, $\overline{PB}$ denselben bei Belastung und $\overline{AP}$ den Streufluß dar. $\overline{AP}$ stellt aber auch den Sekundärstrom I_2 oder die Schlupfspannung dar, die bei Anschluß der Schleifringe an den erwähnten Widerstand gleich dem ohmschen Spannungsabfall $I_2 R_2$ ist. Wird den Schleifringen eine Spannung von außen aufgedrückt, so muß sich der Vektor derselben mit dem Vektor der Schlupfspannung und dem Vektor

[1]) C. Schiebeler, ETZ 52 (1931) S. 139. Gundlach u. Sparing, Siemens-Z. 7 (1927) S. 600 u. 678. Hasper, Siemens-Z. 14 (1934) S. 401. C. Schiebeler, AEG-Mitt. (1933) S. 183. Scharstein, Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 770.

[2]) Nach Fertigstellung dieser Arbeit erhielt ich Einblick in einen Aufsatz von Lund, der im Jahre 1930 in den wissenschaftlichen Veröffentlichungen der AEG (Forschung und Technik) erschienen ist, und in dem Lund ebenfalls das Kreisdiagramm der elektrischen Welle ableitet. Das von Lund angewandte Verfahren unterscheidet sich recht erheblich von meinem. Lund geht von den Spannungsgleichungen der Stromkreise aus, verfolgt also einen rein algebraischen Weg, während ich vom Vektordiagramm ausgehe und das Problem mehr geometrisch anfasse. Die Ergebnisse meiner Untersuchung stimmen mit den von Lund gefundenen im wesentlichen überein, erweitern sie aber nach verschiedenen Richtungen.

Digitized by Google

des ohmschen Spannungsabfalles zu einem Dreieck zusammenschließen. Durch das Hinzukommen der aufgedrückten EMK ändern sich natürlich Richtung und Betrag aller Diagrammstrecken bis auf $\overline{AB}$, die bei konstanter Netzspannung konstant bleibt. Den Zustand nach Hinzukommen der aufgedrückten Spannung wollen wir für den Fall zeichnen, daß der sekundäre Kraftfluß seine Richtung beibehält, daß also der Winkel β der gleiche ist wie vorher. Der Endpunkt P' des Stromvektors muß dann auf der Verlängerung von $\overline{BP}$ liegen, da $\overline{AP'}$ als Vektor des Streuflusses mit $\overline{P'B}$ und $\overline{AB}$ als Kraftflußvektoren ein Dreieck bilden muß. P' kann auf der Geraden $\overline{BP}$ auch rechts von P liegen. Der Vektor der Schlupfspannung muß dem Vektor des Sekundärflusses um 90° nacheilen, hat also die Richtung von $\overline{AP}$. Als Spannungsvektoren bilden schließlich $\overline{AC}$, $\overline{CP'}$ und $\overline{P'A}$ ein Dreieck. Der Vektor der aufgedrückten Spannung muß dem Vektor des Sekundärflusses in Maschine *2* um 90° nacheilen, da $\overline{CP'}$ die Schlupfspannung der Maschine *2* ist. Der Sekundärfluß von *2* sei durch $\overline{AD}$ dargestellt. $\overline{AD}$ muß nun mit $\overline{AP'}$ eine Resultierende ergeben, die ihrer Größe nach gleich $\overline{AB}$ ist, weil $\overline{AD}$, $\overline{AP'}$ und $\overline{DP'}$ das Kraftflußdiagramm der Maschine *2* darstellen, die die gleiche Stillstandsspannung haben soll wie Maschine *1*. Der Winkel ψ zwischen $\overline{P'D}$ und $\overline{AB}$ gibt den Verdrehungswinkel in elektrischen Graden zwischen den Läufern der beiden Maschinen an, da bei Drehfeldmaschinen räumliche Verdrehung in elektrischen Graden und zeitliche Verdrehungen der Vektoren übereinstimmen. Als Prüfung für richtige Wahl der Richtungen und Größen muß sich nun ergeben, daß $\overline{AC}$ zu $\overline{P'B}$ im gleichen Verhältnis steht wie $\overline{CP'}$ zu $\overline{AD}$, denn die Schlupfspannungen müssen sich bei gleichem Schlupf wie die Sekundärflüsse verhalten. $\overline{CP'}$ müßte gegen $\overline{AD}$ um 90° nacheilen, in der Abb. 2 hat $\overline{CP}$ aber 90° Voreilung gegen $\overline{AD}$. Dies rührt daher, daß das Diagramm für eine Phase des Motors *1* gilt. Da die Läuferwicklungen der Maschine *1* und *2* gegeneinander geschaltet sind, so kehrt sich die tatsächliche Richtung eines Vektors um, sobald eine EMK der einen Maschine in Beziehung gebracht wird zu den EMKen der anderen. Man hätte natürlich auch die Vektoren $\overline{AD}$ und $\overline{P'D}$ auf die Wicklung des Motors *1* beziehen und ihre Pfeilrichtung umkehren können, dann würden aber die Vektoren $\overline{AB}$ und $\overline{P'D}$ den Komplementärwinkel zum tatsächlichen Verdrehungswinkel ψ miteinander einschließen, während bei der gewählten Darstellungsweise dieser Winkel sofort abgelesen werden kann.

Damit das Dreieck $\overline{P'DA}$ die Verhältnisse im Motor *2* richtig darstellt, müßte noch die Pfeilrichtung des Stromvektors $\overline{AP'}$ geändert werden, weil der Strom die Läuferwicklung *2* in umgekehrter Richtung durchfließt wie die Läuferwicklung *1*. Der Vektor $\overline{AP}$ müßte also zwei Pfeilspitzen erhalten, um die Verhältnisse in beiden Maschinen richtig darzustellen. Wir sehen hiervon ab, da die Verhältnisse in Maschine *2* sich noch in anderer Weise aus dem Diagramm ergeben werden. Das Diagramm kann noch durch Einzeichnen des Leerlaufstromes $\overline{AF}$ ergänzt werden, der mit dem Sekundärstrom $\overline{AP'}$ den Primärstrom $\overline{P'F}$ ergibt. Die Arbeitsweise der elektrischen Welle läßt sich aber erschöpfend darstellen, wenn man lediglich den Läuferstromkreis in Betracht zieht, so daß wir den Vektor $\overline{FA}$ weglassen können. $\overline{AB}$ und $\overline{P'D}$ stellen die Sekundärflüsse im Leerlauf dar, die in einem festen Verhältnis zu den Gesamtflüssen der Maschine *1* und *2* stehen. In Abb. 2 hat $\overline{P'D}$ Nacheilung gegen $\overline{AB}$, d. h. das Drehfeld in Maschine *2* eilt dem Drehfeld in Maschine *1* scheinbar nach. Bei gleicher Achsenlage der Läufer *1* und *2* würde dies bedeuten, daß Ständer *1* gegenüber Ständer *2* im Sinne des Drehfeldes verdreht ist, oder bei gleicher Achsrichtung der Ständerwicklungen, daß Läufer *2* gegenüber Läufer *1* im Sinne des Drehfeldes voreilt. Einer Voreilung des Kraftflußvektors entspricht also Nacheilung des zugehörigen Läufers. Laufen die Maschinen gegen ihr Drehfeld, so bedeutet Voreilung in bezug auf die Drehfeldrichtung eine Nacheilung in bezug auf die Läuferdrehrichtung.

In Abb. 2 sind noch folgende Bezeichnungen eingeschrieben:

$$\overline{AP'} = a \qquad \overline{AC} = b \qquad \overline{CP'} = c$$
$$\overline{AB} = d \qquad \overline{BP'} = f \qquad \overline{AD} = f' \qquad \overline{P'D} = d'.$$

Fassen wir die Zeitvektoren a, b, c, d, f, f', d' als komplexe Zahlen auf, so können wir folgende Gleichungen aufstellen:

$$\left.\begin{aligned} a - c - b &= 0 \qquad & b &= -\mathrm{j}\,k\,f \\ a - f + d &= 0 \qquad & c &= \mathrm{j}\,k\,f' \\ a - d' + f' &= 0 \qquad & d' &= d\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\psi} \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

k ist ein Proportionalitätsfaktor, der in einer festen Beziehung zur Schlüpfung des Motors steht. Der Schlupf σ im Punkt P des Motors mit über Widerstände geschlossenen Schleifringen ist gleich $\frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\beta_k}$. Für den Punkt P' ist der sekundäre Kraftfluß im Verhältnis $\frac{\overline{P'B}}{\overline{PB}}$ und die Schlupfspannung im Verhältnis $\frac{\overline{AC}}{\overline{AP}}$ größer als für Punkt P, also ist der Schlupf im Punkt P' $\frac{\overline{AC}\,\overline{PB}\operatorname{tg}\beta}{\overline{AP}\,\overline{P'B}\operatorname{tg}\beta_k}$. Nun ist $\frac{\overline{AP}}{\overline{BP}} = \operatorname{tg}\beta$ und $\frac{AC}{P'B} = k$, folglich ist

$$\sigma = \frac{k}{\operatorname{tg}\beta_k}. \tag{2}$$

Führen wir die Maßstäbe ein:

$$m_A = \frac{\text{Amp.}}{\text{mm}}, \quad m_V = \frac{\text{Volt}}{\text{mm}}, \quad m_\Phi = \frac{\text{Maxwell}}{\text{mm}},$$

wobei $m_V = m_A R_2$ ist, so erhalten wir

$$\operatorname{tg}\beta_k = \frac{\overline{AE}}{\overline{EB}} = \frac{I_2/m_A}{\Phi_2/m_\Phi}, \qquad I_2 = \frac{2{,}22 \cdot \xi_2 f_1 Z_2 \Phi_2 \cdot 10^{-8}}{R_2},$$

folglich

$$\operatorname{tg}\beta_k = \frac{2{,}22 \cdot \xi_2 f_1 Z_2 \cdot 10^{-8} \cdot m_\Phi}{R_2 m_A}. \tag{3}$$

Hierin bedeuten: ξ_2 den Wicklungsfaktor der Läuferwicklung, f_1 die Netzfrequenz, Z_2 die Zahl der in Reihe geschalteten Leiter je Läuferphase, R_2 den Widerstand einer Phase des Läuferstromkreises, also zweier Maschinen. Die Stillstandsspannung U_2 der Motoren *1* und *2* bei offenen Schleifringen verhält sich zur Spannung $\overline{AE} = I_2 R_2$ wie der Kraftfluß $\overline{AB}$ zum Kraftfluß $\overline{BE}$, also ist:

$$\frac{U_2}{-d\sin\beta_k\, m_V} = \frac{-d}{-d\cos\beta_k} \quad \text{und} \quad U_2 = -d\operatorname{tg}\beta_k\, m_V. \tag{4}$$

Da U_2 und $\operatorname{tg}\beta_k$ als bekannt vorauszusetzen sind, so ist in Gl. (1) d gegeben. Das Minuszeichen ist willkürlich gewählt, um U_2 positiv zu erhalten, denn d ist negativ, da nach links gerichtet.

Durch Elimination finden wir:

$$a = \frac{-\mathrm{j}\,k\,d\,(1 - \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\psi})}{1 + 2\,\mathrm{j}\,k} \tag{5}$$

$$b = \frac{-\mathrm{j}\,k\,d\,(1 + \mathrm{j}\,k + \mathrm{j}\,k\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\psi})}{1 + 2\,\mathrm{j}\,k} \tag{6}$$

$$c = \frac{-\mathrm{j}\,k\,d\,(\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\psi} + \mathrm{j}\,k + \mathrm{j}\,k\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\psi})}{1 + 2\,\mathrm{j}\,k}. \tag{7}$$

Digitized by Google

Wir wollen uns zunächst mit dem Vektor a befassen. Die Gleichung für a kann auch folgendermaßen geschrieben werden:

$$a = \frac{-\mathrm{j}\,k\,d}{1+2\,\mathrm{j}\,k} + \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\psi}\,\frac{\mathrm{j}\,k\,d}{1+2\,\mathrm{j}\,k}\,. \qquad (8)$$

Sie stellt einen Vektor $\frac{-\mathrm{j}\,k\,d}{1+2\,\mathrm{j}\,k}$ dar, an dessen Ende sich ein Vektor gleichen Betrages unter dem beliebigen Winkel ψ ansetzt, also einen Kreis durch den Ursprung mit dem Mittelpunkt $\frac{-\mathrm{j}\,k\,d}{1+2\,\mathrm{j}\,k}$. Dem Ursprung entspricht der Winkel $\psi = 0$, und einem positiven Wert von ψ entspricht ein Punkt auf dem Kreise, der vom Ursprung im Uhrzeigersinne um ψ ° entfernt ist. Bei veränderlichem k bewegt sich der Kreismittelpunkt auf einem Kreis[3]) vom Durchmesser $d/2$ mit dem Mittelpunkt $-d/4$. Der Vektor d ist nach links gerichtet, also negativ, $-d/4$ bedeutet also einen um $d/4$ nach rechts auf der reellen Achse vom Ursprung entfernten Punkt. Trennt man im Ausdruck für den Mittelpunktkreis $\frac{-\mathrm{j}\,k\,d}{1+2\,\mathrm{j}\,k}$ den reellen vom imaginären Teil, so erhält man

$$\frac{-2\,d\,k^2}{1+4\,k^2} - \mathrm{j}\,\frac{d\,k}{1+4\,k^2}\,. \qquad (9)$$

Der nach einem Punkt des Mittelpunktkreises gezogene Strahl aus dem Ursprung hat, wie man aus (9) ersieht, gegen die reelle Achse die Neigung $\operatorname{arc\,tg}\frac{1}{2\,k} = \gamma$, k ist nach Gl. (2) $k = \sigma\,\mathrm{tg}\,\beta_k$. Um also den a-Kreis für einen bestimmten Schlupf zu finden, muß man den Schnittpunkt des Mittelpunktkreises mit einer unter $\operatorname{arc\,tg}\frac{1}{2\sigma\,\mathrm{tg}\,\beta_k}$ gegen die reelle Achse geneigten Geraden durch den Ursprung suchen und von diesem Mittelpunkt aus einen Kreis durch den Ursprung schlagen. Ebenso wie für den Vektor a kann auch die Ortskurve für den Vektor b gefunden werden, womit dann die Änderung aller Diagrammgrößen in Abhängigkeit von ψ und k gegeben ist. Gl. (6) stellt wiederum einen Kreis dar. Für $\psi = 0$ erhält man $b = \mathrm{j}\,k\,d$ und für $\psi = 180°$ $b = \frac{-2\,d\,k^2}{1+4\,k^2} - \mathrm{j}\,\frac{k\,d}{1+4\,k^2}$; wie man durch Vergleich mit Gl. (9) erkennt, ist dies der Mittelpunkt des a-Kreises. Man erhält also den b-Kreis, indem man vom Mittelpunkt des a-Kreises eine Gerade nach einem um den Betrag $k\,d$ senkrecht über dem Ursprung liegenden Punkt zieht und über dieser Strecke als Durchmesser einen Kreis schlägt. Die Verlängerung dieses Durchmessers geht durch den Mittelpunkt des Kreises K. Dem Punkt $-\mathrm{j}\,k\,d$ entspricht $\psi = 0$. Von diesem Punkt aus liegen die Punkte für positive Winkel ψ um ψ ° im Uhrzeigersinn verschoben auf dem Kreise. Wir finden nun den Sekundärstrom eines Kupplungsmotors für einen bestimmten Schlupf σ und einen bestimmten Verdrehungswinkel ψ, indem wir aus dem zu σ gehörenden Punkt auf dem Mittelpunktkreis einen Kreis durch den Ursprung schlagen und auf diesem vom Ursprung aus den Winkel ψ abtragen. Den Betriebspunkt für den zweiten Kupplungsmotor finden wir, indem wir auf demselben Kreis den Winkel $-\psi$ vom Ursprung aus abtragen. Die Endpunkte der beiden Schlupfspannungsvektoren liegen auf dem gleichen b-Kreis in den den Winkeln $+\psi$ und $-\psi$ entsprechenden Punkten. Man findet auf diese Weise zu jedem Belastungszustand der elektrischen Welle für den Stromvektor zwei Diagrammpunkte, von denen der eine über und der andere unter der reellen Achse liegt. Wie wir sahen, arbeitet der Motor *1* bei Betrieb mit dem Drehfeld als ständergespeister Motor und Motor *2* als Generator. In diesem Fall gehört also der Punkt über der reellen Achse zu Motor *1* und der Punkt unter der Achse zu Motor *2*. Wenn von Betrieb mit dem Drehfeld die Rede ist, so ist damit gemeint, daß das Motordrehmoment der Maschine *1* im Sinne des Drehfeldes wirkt. Selbstverständlich gibt es auch in diesem Betriebszustand die Möglichkeit, daß $\sigma > 1$ wird, daß also die Maschine gegen ihr Feld umläuft. In diesem Fall läuft sie aber gegen ihr Moment und arbeitet als Periodenumformer. Nicht zu verwechseln hiermit ist der andere Betriebszustand, wo das Motormoment die entgegengesetzte Richtung hat wie das Drehfeld. In diesem Fall arbeitet Maschine *1* als läufergespeister Motor und gibt ihre Schlupfleistung, soweit sie nicht in Stromwärme umgewandelt wird, an das Netz ab. Hier liegt der Betriebspunkt der Maschine *1* also unter der Achse und der Betriebspunkt der Maschine *2*, die als Periodenumformer

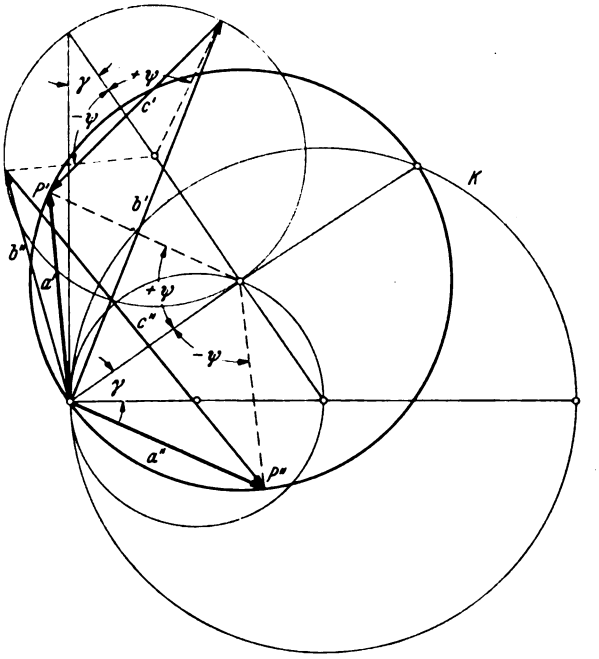


Abb. 3. Ortskurven der Strom- und Spannungsvektoren der elektrischen Welle bei konstanter Drehzahl.

wirkt und Leistung aus dem Netz aufnimmt, über der Achse. Wird bei einem bestimmten Schlupf der Winkel ψ immer mehr vergrößert, so tritt ein Zustand ein, bei dem die Betriebspunkte beider Maschinen über der reellen Achse liegen. In diesem Fall arbeiten beide Maschinen als Motoren. Im Grenzfall, für $\psi = 180$ °, fallen die Betriebspunkte beider Maschinen zusammen. Die Schlupfspannungen haben in jeder der beiden Maschinen die Richtung des Stromes und sind gleich groß. Jede Maschine deckt also ihre eigenen Läuferkupferverluste und arbeitet so, als ob ihre Schleifringe kurzgeschlossen wären. Die Anordnung wirkt nicht mehr als Welle, sondern die beiden Hintermaschinen arbeiten als selbständige Motoren, die die Hauptmotoren unterstützen. Dieser Zustand ist also entgegen anderslautenden Behauptungen zum mindesten theoretisch möglich.

Abb. 3 zeigt das vollständige Diagramm für $k = 0{,}73$, $\psi = 60$ ° und $d = -5$, wobei der Einheitsvektor zu 13,4 mm angenommen ist. Je nachdem, ob Lauf mit oder gegen das Drehfeld vorliegt, gilt Punkt P' für Motor *1* oder *2* und Punkt P'' entsprechend für Motor *2* oder *1*.

Die von den Motoren aufgenommene oder abgegebene Netzwirkleistung erhält man als das Produkt der Stillstandsspannung U_2 mit der imaginären Komponente von a im Strommaßstab. Nach Gl. (4) ist $U_2 = -d\,\mathrm{tg}\,\beta_k\,m_V$ und die imaginäre Komponente von a findet man aus Gl. (5) zu

$$\frac{-k\,d}{1+4\,k^2}\,(1 - \cos\psi + 2\,k\sin\psi)\,m_A\,.$$

[3]) Siehe Bloch, Die Ortskurven der Wechselstromtechnik, Zürich: Rascher & Cie. 1917. Hauffe, Elektrotechn. u. Maschinenb. 48 (1930) S. 237.

Digitized by Google

Die Netzwirkleistung ist also:

$$N_{NW} = \operatorname{tg}\beta_k \frac{k\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi+2\,k\sin\psi)\,m_A\,m_V\,.$$

Die Netzblindleistung erhält man aus U_2 und der reellen Komponente von a zu

$$N_{NB} = \operatorname{tg}\beta_k \frac{k\,d^2}{1+4\,k^2}\,(2\,k-\sin\psi-2\,k\cos\psi)\,m_A\,m_V\,.$$

Zu dieser Blindleistung wäre noch die Leerlauf-Blindleistung zu addieren. Die zwischen den Schleifringen der Motoren fließende Wirkleistung erhält man zu $|a|\cdot|b|\times\cos\sphericalangle(a,b)$ und die Blindleistung zu $|a|\cdot|b|\sin\sphericalangle(a,b)$. Dies gibt:

$$N_{SW} = \frac{k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi+2\,k\sin\psi)\,m_A\,m_V$$

und

$$N_{SB} = \frac{k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,\sin\psi\,m_A\,m_V\,.$$

Die Stromwärmeverluste erhält man aus $|a|^2 m_A^2 R_2$ zu

$$\frac{2\,k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi)\,m_A^2\,R_2\,.$$

Sämtliche Leistungen gelten für eine Phase.

Die zu den beiden Kupplungsmotoren gehörenden Werte unterscheiden sich durch das Vorzeichen von $\sin\psi$. Stellen wir die Energiebilanz z. B. für Motor *1* auf, so muß im Ausdruck für N_{SW} $\sin\psi$ mit dem Minuszeichen eingesetzt werden. Die an der Welle des Motors *1* verfügbare Leistung erhält man als Summe der Schleifring- und Netzleistung, vermindert um die Stromwärmeverluste, zu

$$\left[\frac{k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi-2\,k\sin\psi)+\frac{\operatorname{tg}\beta_k\,k\,d^2}{1+4\,k^2}\times(1-\cos\psi+2\,k\sin\psi)-\frac{2\,k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi)\right]m_A\,m_V$$

$$=\frac{k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi+2\,k\sin\psi)\left(\frac{\operatorname{tg}\beta_k-k}{k}\right)m_A\,m_V.$$

Die synchrone Leistung, die dem Moment entspricht, erhält man durch Multiplikation mit $\frac{1}{1-\sigma}=\frac{\operatorname{tg}\beta_k}{\operatorname{tg}\beta_{k-k}}$ zu

$$\frac{k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi+2\,k\sin\psi)\,\frac{\operatorname{tg}\beta_k}{k}\,m_A\,m_V\,.$$

Dieser Ausdruck ist gleich der Netzwirkleistung des Motors *1*, wie zu erwarten war. Die dem Drehstromnetz entnommene Leistung ist gleich der Summe der Netzleistungen von *1* und *2*. Für die Wirkleistung ergibt sich somit:

$$\frac{\operatorname{tg}\beta_k}{k}\cdot\frac{2\,k^2\,d^2}{1+4\,k^2}\,(1-\cos\psi)=\frac{1}{\sigma}\cdot I_2^2\,R_2\,.$$

Das Netz deckt also bei $\sigma<1$ nicht nur die Stromwärmeverluste, sondern ist an der Leistungsübertragung wesentlich beteiligt. Das mechanische Äquivalent der elektrischen Welle ist nicht eine einfache elastische Kupplung. Es läßt sich angenähert durch eine Kombination, wie sie Abb. 4 zeigt, darstellen. Der mit der Zwischenwelle gekuppelte Motor *3* entspricht dem Drehstromnetz.

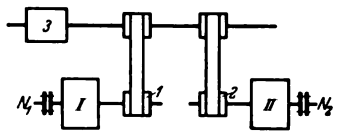


Abb. 4. Mechanisches Äquivalent der elektrischen Welle.

Die synchrone Kippleistung findet man durch Maximumbildung zu

$$\frac{k\,d^2\operatorname{tg}\beta_k}{\sqrt{1+4\,k^2}}\left(1\mp\frac{1}{\sqrt{1+4\,k^2}}\right)m_A\,m_V\,.$$

Das Maximum dieser Funktion ergibt sich für $k=0{,}866$. Dies entspricht einem Winkel von $\gamma=30^\circ$ auf dem Mittelpunktkreise. Die synchrone Kippleistung des Einzelmotors ist $\frac{d^2}{2}\operatorname{tg}\beta_k\,m_A\,m_V$ und das Verhältnis Kippmoment der Welle zu Kippmoment des einzelnen Motors ist

$$\frac{2\,k}{\sqrt{1+4\,k^2}}\left(1\mp\frac{1}{\sqrt{1+4\,k^2}}\right).$$

Den Verlauf dieser Funktion über k zeigt Abb. 5. Da $k=\sigma\operatorname{tg}\beta_k$ ist, so kann nach Annahme von β_k die Abszissenachse auch mit einer Skala für σ versehen werden. In der Abbildung ist die Skala für $\operatorname{tg}\beta_k=3$ eingetragen. Wie man sieht, ist bei Lauf mit dem Felde das übertragbare Moment im Motorbereich bei größerem Schlupf größer als das des Einzelmotors, aber bei kleinem Schlupf wird das Moment sehr klein. Bei Lauf gegen das Feld bleibt das Moment unter dem des Einzelmotors, aber es ist im ganzen Motorbereich nahezu konstant.

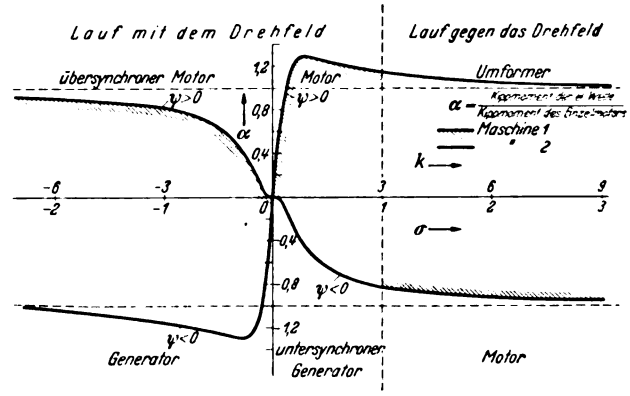


Abb. 5. Abhängigkeit des Kippmoments vom Schlupf einer elektrischen Welle.

Der schraffierte Teil der beiden Kurven entspricht dem Kupplungsmotor *1*. Dieser und der zugehörige Hauptmotor *I* waren zu Anfang dadurch gekennzeichnet worden, daß die an ihrer Welle wirkende Last N_1 größer sein sollte als N_2. Bezeichnet man eine Belastung, die den Motor gegen sein Moment durchzieht, als negativ, so gelangt man zu einer einheitlichen Darstellungsweise. Da eine negative Größe von kleinerem Absolutwert größer ist als eine solche von größerem Absolutwert, so gilt ohne Einschränkung, daß der schraffierte Teil der Kurven zu dem Motor mit der größeren Belastung gehört.

Nehmen wir z. B. an, die ganze Anordnung wirke als Bremse. N_1 sei Null und N_2 sei -100 kW, N_1 sei also größer als N_2. Der Umlaufsinn der Welle ist dem Motordrehsinn der Maschinen *I* und *II* entgegengesetzt und sei gegen den Umlaufsinn der Drehfelder sowohl in *I* und *II* als auch in *1* und *2* gerichtet. Da *I* und *II* gleiche Drehzahlkennlinien haben und durch die elektrische Welle gezwungen sind, synchron zu laufen, so müssen die beiden Motoren *I* und *II* je -50 kW abbremsen. Da $N_1=0$ ist, so muß Maschine *1* so wirken, als ob eine Last die Maschine *I* gegen ihr Drehfeld durchziehen würde, d. h. sie muß als Motor gegen ihr Drehfeld laufen. Diesem Zustand entspricht der schraffierte Teil der Kurve für $\psi<0$. Hierbei bedeutet $\psi<0$ Voreilung in bezug auf die Drehfeldrichtung, also räumliche Voreilung bei Lauf mit und räumliche Nacheilung bei Lauf gegen das Drehfeld.

Diesen Ausführungen liegt die Annahme zugrunde, daß die Drehfelder in allen vier Maschinen gleichen Umlaufsinn haben. Hat dagegen das Drehfeld in den Kupplungsmaschinen *1* und *2* entgegengesetzten Drehsinn wie in den Hauptmaschinen *I* und *II*, so läuft beim Bremsbetrieb Maschine *1* als Motor mit dem Drehfeld, ihr entspricht also der obere Teil der schraffierten Kurve. Im Motorbetrieb läuft sie dann gegen ihr Drehfeld, wozu der untere Teil der schraffierten Kurve gehört. Ähnliche

Digitized by Google

Überlegungen gelten auch für den Generatorenbetrieb zweier durch eine elektrische Welle verbundener Maschinen.

Es könnte zunächst überraschen, daß das Drehmoment der Maschine *1* bei Lauf gegen das Drehfeld negativ ist, trotzdem sie als Motor läuft. Hierzu ist zu sagen, daß das Drehmoment als negativ anzusehen ist, wenn sein Drehsinn dem des Drehfeldes entgegengerichtet ist. Läuft nun die Maschine gegen ihr Drehfeld, so sind bei negativem Moment Läuferdrehsinn und Drehmoment gleichgerichtet, d. h. die Maschine läuft als Motor. — Eine Vergrößerung des Widerstandes R_2 bedeutet, daß $\operatorname{tg}\beta_k$ kleiner und σ bei gleichem k größer wird. Der Arbeitsbereich des Kupplungsmotors *1*, der z. B. bei $\sigma = 1{,}05$ liegen möge, rückt also immer mehr in das Gebiet kleiner Kippmomente. Der Widerstand des Läuferkreises muß daher möglichst klein gehalten werden. — Die zuerst gemachte Annahme über gleiche Drehzahlkennlinien der Hauptmotoren braucht nicht aufrecht gehalten zu werden. Bei ungleichen Kennlinien verteilt sich die Last nicht zu gleichen Teilen auf die beiden Motoren, sondern nach Maßgabe ihrer Kennlinien. An der Arbeitsweise der elektrischen Welle ändert sich hierdurch nichts.

Zusammenfassung.

Die Ortskurven für die Stromvektoren einer elektrischen Welle bilden eine Kreisschar. Jeder Kreis gehört zu einer bestimmten Drehzahl der Welle. Die einzelnen Punkte eines Kreises entsprechen verschiedenen Verdrehungswinkeln der beiden Motoren gegeneinander. Die maximale Ordinate jedes Kreises ist ein Maß für das höchste bei der betreffenden Drehzahl übertragbare Moment. Die Mittelpunkte der einzelnen Kreise liegen wiederum auf einem Kreise. Die Endpunkte der Schlupfspannungsvektoren der beiden Motoren liegen ebenfalls auf einem Kreis. Die Kurve, die die Abhängigkeit des Kippmomentes von Schlupf darstellt, gewährt einen klaren Einblick in die Arbeitsweise der elektrischen Welle.

Kräfte, Empfindlichkeit und Wirkungsgrad eines hochempfindlichen dynamischen Relais.

Von W. Hiebsch, Berlin.

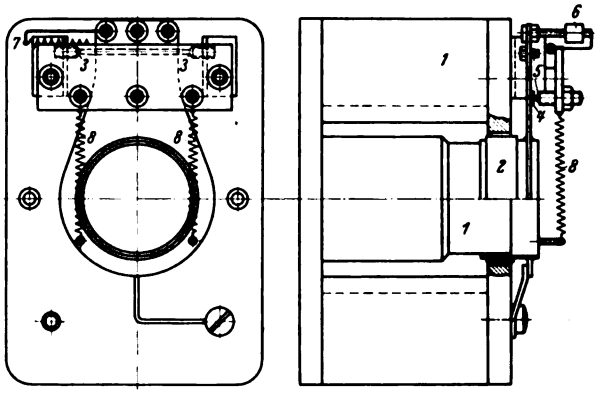
621. 318. 5. 004. 1

Übersicht. Die Bewegungsgleichung und Energiebeziehung eines dynamischen Relais werden aufgestellt und die Empfindlichkeitsgrenzen erörtert. Diese Erörterungen gelten auch ganz allgemein für den Bau direktschaltender Relais.

In vielen Zweigen der Elektrotechnik werden Relais mit möglichst gesteigerter Empfindlichkeit benötigt, besonders im Gebiet der photoelektrischen Steueranlagen, das sehr weite Ansprüche stellt. Bekanntlich lassen sich viele lichtelektrische Schaltanlagen verstärkerlos ausführen, wenn man genügend empfindliche Relais vorsehen kann. Die Empfindlichkeit ist aber nicht die alleinige Forderung, es müssen noch weitere Eigenschaften vorhanden sein, um den dauernd einwandfreien Betrieb in der praktischen Verwendung zu gewährleisten. Stabiler, widerstandsfähiger Aufbau, möglichst geringe Erschütterungsempfindlichkeit und verhältnismäßig große elektrische Schaltleistung, damit das angeschlossene Zwischenrelais nicht neue Schwierigkeiten bringt. Da die Schaltleistung durch Kontaktweg, Kontaktdruck und Rückstellkraft gegeben ist, folgt, daß die mechanische Arbeit des beweglichen Systemes im Relais möglichst groß sein soll. Da aber das Relais bestenfalls so viel Arbeit auf mechanischer Seite leisten kann, als es auf der elektrischen Seite zugeführt erhält, ist die Leistungsfähigkeit des Relais schließlich eine Frage des Wirkungsgrades.

Nachstehend wird nun ein bestimmtes Relais untersucht und die Empfindlichkeitsgrenzen werden erörtert. Diese Erörterungen gelten auch ganz allgemein für den Bau direktschaltender Relais.

Den Aufbau des Relais zeigt Abb. 1. Der Feldraum des Ringspaltmagneten *1* ist, soweit es das mechanische Spiel zuläßt, von der Wicklung der Spule *2* erfüllt. Die Spule ist mit dem beweglichen System verbunden, das bei *3* gelagert ist, so daß die Spule um *3* eine Kreisbewegung ausführt. Auf Grund der Kleinheit der Winkel kann die Drehbewegung als Parallelbewegung aufgefaßt werden. Das System trägt den beweglichen Kontakt *4*, der dem Festkontakt *5* gegenübersteht. Bei *6* ist das System mechanisch ausgewogen und hat bei *7* und *8* seine elektrischen Anschlüsse, die so ausgebildet sind, daß sie keine wesentlichen Kraftäußerungen am System hervorrufen. Die Rückstellkraft wird mechanisch (Gewicht, Feder) oder magnetisch erzeugt. Wenn an die Ringspule eine richtig gepolte Gleichstromquelle angeschlossen wird, bewegt sich das Relaissystem. Da die nachstehende Abhandlung die Relaiseigenschaften nach der Seite der Empfindlichkeit hin verfolgt, sind die in Frage kommenden Schaltzeiten verhältnismäßig groß und bewegen sich in der Größenordnung von zehntel bis zu mehreren Sekunden. Der durch



1 Ringspaltmagnet
2 bewegliche Spule
3 Lagerung des beweglichen Systems
4 beweglicher Kontakt
5 fester Kontakt
6 Ausgleichgewicht
7, 8 Stromzuführung

Abb. 1. Hochempfindliches dynamisches Relais.

die Induktivität der Systemspule beim Einschalten auftretende „freie Strom" klingt bereits nach einer Zeit ab, die in der Größenordnung von 10^{-4} s liegt, so daß die Spuleninduktivität in dieser Abhandlung unberücksichtigt bleiben kann. Zur weiteren Vereinfachung soll, auch mit Rücksicht auf die kleinen Bewegungsgeschwindigkeiten, weiter die mechanische Reibung vernachlässigt bleiben. Wenn R_a der äußere, R_i der innere Widerstand des Relaisstromkreises sind, E die EMK der angeschlossenen Stromquelle, $\mathfrak{H}$ die mittlere Feltstärke im Spalt und l die Leiterlänge auf der Spule in cm, so wird an der Systemspule durch die Stromquelle (im stationären Zustand) die Kraft P hervorgerufen:

$$P = \frac{\mathfrak{H}\, l\, E}{R_a + R_i} \cdot 10^{-4} \text{ in Gramm.}$$

Digitized by Google

Die in Bewegung befindliche Spule induziert eine Gegen-EMK

$$E_g = \mathfrak{H}\, l \cdot 10^{-8} \cdot \frac{ds}{dt}$$

(wobei s der Spulenweg ist) und verursacht einen Strom

$$I_g = \frac{1}{R_a + R_i} \mathfrak{H}\, l \cdot 10^{-8} \cdot \frac{ds}{dt}.$$

Die dadurch bewirkte Gegenkraft ist

$$P_g = \frac{\mathfrak{H}^2 l^2 \cdot 10^{-12}}{R_a + R_i} \cdot \frac{ds}{dt}.$$

Schließlich wirkt am System noch die mechanische Rückstellkraft

$$P_m = D\, s \quad (D \text{ Rückstellkraft je Wegeinheit}).$$

Die Bewegungsgleichung hat dann die Form:

$$\frac{\mathfrak{H}^2 l^2 \cdot 10^{-12}}{R_a + R_i} \cdot \frac{ds}{dt} + D\, s = \frac{\mathfrak{H}\, l\, E \cdot 10^{-4}}{R_a + R_i}. \qquad (1)$$

Die Lösung dieser Differentialgleichung ist

$$s = \frac{\mathfrak{H}\, l\, E \cdot 10^{-4}}{D\,(R_a + R_i)} \left(1 - \varepsilon^{-\frac{D\,(R_a + R_i) \cdot 10^{12}}{\mathfrak{H}^2 l^2}\, t}\right). \qquad (2)$$

Der Verlauf des Weges s der Systemspule hat also logarithmischen Charakter und strebt asymptotisch dem Maximalwert

$$S = \frac{\mathfrak{H}\, l\, E \cdot 10^{-4}}{D\,(R_a + R_i)} \qquad (3)$$

zu. Dieser Wert ist ideell aufzufassen, da er praktisch nur dann richtig wäre, wenn die Spule auch nach Zurücklegung des vollen Weges S unveränderte Feldverhältnisse vorfinden würde. Diese Bedingung ist praktisch nicht erfüllt. Diese Tatsache bleibt aber hier ohne Einfluß, da nur ein Bruchteil des Gesamtweges praktisch verwendet wird. Dies ist wiederum notwendig, um einen Kontaktdruck auszubilden, denn dieser tritt erst dann ein, wenn der Kontakt als mechanischer Anschlag die Bewegung des Systemes einengt. Der Bewegungs- und Stromverlauf hat dann das Aussehen der Abb. 2.

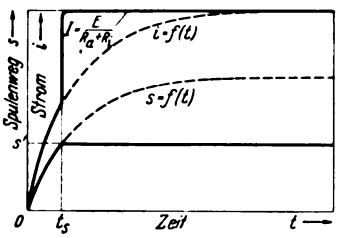


Abb. 2. Bewegungs- und Stromverlauf beim Schaltvorgang.

Der Spulenweg wird nach der Kurve $s = f(t)$ zurückgelegt, bis das System den Kontakt schließt, was nach der „Schaltzeit" t_s erfolgt. Der Strom i hat bis zur Zeit t_s den Verlauf der Kurve

$$i = f(t) = \frac{E}{R_a + R_i} \left(1 - \varepsilon^{-\frac{D\,(R_a + R_i) \cdot 10^{12}}{\mathfrak{H}^2 l^2}\, t}\right);$$

zur Zeit t_s wächst der Strom auf seinen Maximalwert $\frac{E}{R_a + R_i}$ an und bildet einen entsprechenden Kontaktdruck aus:

$$P_k = \ddot{u}\,(\mathfrak{H}\, l\, I \cdot 10^{-4} - D)$$

($\ddot{u}$ mechanisches Übersetzungsverhältnis).

Der Sprung der Stromstärke erfolgt natürlich nicht mit mathematischer Unstetigkeit, sondern zunächst nach einer entsprechend steilen logarithmischen Kurve, die durch die elektrische Zeitkonstante L/R des Stromkreises gegeben ist. Eine weitere Verringerung der Unstetigkeit erfolgt dadurch, daß ein gewisser Weg der Systemspule in der Elastizität des mechanischen Aufbaues des Systems gespeichert wird.

Der Verlauf der Größen wird durch das folgende Beispiel veranschaulicht. Ein Relais, Normaltype, Systemwiderstand $R_i = 3500\,\Omega$, Spaltfeldstärke $\mathfrak{H} = 7200$ G, Leiterlänge $l = 1{,}59 \cdot 10^4$ cm. Die angeschlossene Stromquelle habe eine EMK von 0,17 V und einen Innenwiderstand von $R_a = 2 \cdot 10^4\,\Omega$. Dann ist nach Gl. (3) $S = 0{,}415$ cm. Wenn der Kontaktweg $s_k = 0{,}1$ mm und das Übersetzungsverhältnis auf den Kontakt $\ddot{u} = 2$ ist, folgt ein tatsächlicher Spulenweg $s' = \ddot{u}\, s_k = 2 \cdot 10^{-2}$ cm $= \nu S$ und somit $\nu = 4{,}82 \cdot 10^{-2}$. Da sinngemäß entsprechend Gl. (2) $\nu = \left(1 - \varepsilon^{-\frac{t_s}{T}}\right)$, wobei $T = \frac{\mathfrak{H}^2 l^2 \cdot 10^{-12}}{D\,(R_a + R_i)} = 2{,}79$, folgt eine Schaltzeit $t_s = 0{,}13$ s.

0,13 s nach Stromschluß berühren sich also die Kontakte, während der Strom auf seinen Maximalwert (gleichzeitig der stationäre Endzustand seiner Kurve) $I = \frac{E}{R_a + R_i} = 7{,}22 \cdot 10^{-6}$ A ansteigt. Dabei kommt ein Kontaktdruck zustande:

$$P_k = \ddot{u}\,(\mathfrak{H}\, l\, I \cdot 10^{-4} - D\, s'), \qquad (4)$$

welcher Wert hier 161 mg beträgt.

Von besonderem Interesse ist die Frage des Wirkungsgrades. Die vom System geleistete mechanische Arbeit ist

$$A_m = \int_0^{t_s} P_k\, ds = \int_0^{s'} D\, s\, ds = D\, \frac{s'^2}{2}.$$

Im vorgenannten Beispiel ist

$$A_m = 4 \cdot 10^{-5}\ \text{gcm} \approx 3{,}92 \cdot 10^{-9}\ \text{Ws}.$$

Um die elektrische zugeführte Arbeit zu erhalten, wird das Produkt $e\,i$ über die Schaltzeit t_s integriert. Es hat natürlich nur Sinn, bis t_s zu integrieren, denn nur bis dahin wird mechanische Arbeit geleistet. Zur Zeit t_s gerät das Relais, als Gleichstrommotor betrachtet, in den „Kurzschlußzustand", und von da ab wird die gesamte zugeführte elektrische Energie ausschließlich in Wärme umgesetzt. Die zugeführte elektrische Arbeit ist

$$A_e = \int_0^{t_s} i\, e\, dt = \int_0^{t_s} i\,(R_i\, i + e_g)\, dt = \int_0^{t_s} i\, e_g\, dt + R_i \int_0^{t_s} i^2\, dt.$$

Das erste Integral entspricht der mechanischen Nutzarbeit und das zweite dem auftretenden Kupferverlust A_{Cu}.

$$A_{Cu} = R_i \int_0^{t_s} i^2\, dt; \quad \text{da} \quad i = \frac{E}{R_a + R_i} \left(1 - \varepsilon^{-\frac{t}{T}}\right), \text{ ist}$$

$$A_{Cu} = \frac{E^2 R_i}{(R_a + R_i)^2} \left[\int_0^{t_s} dt - \int_0^{t_s} 2\, \varepsilon^{-\frac{t}{T}}\, dt + \int_0^{t_s} \varepsilon^{-2\frac{t}{T}}\, dt\right]$$

$$= \frac{E^2 R_i}{(R_a + R_i)^2} \left[t_s + 2\,T\, \varepsilon^{-\frac{t_s}{T}} - \frac{T}{2}\, \varepsilon^{-\frac{2t_s}{T}} + C\right];$$

da zur Zeit $t = 0$ $A_{Cu} = 0$, folgt $C = -1{,}5\,T$ und somit

$$A_{Cu} = \frac{E^2 R_i}{(R_a + R_i)^2} \left[t_s + 2\,T\, \varepsilon^{-\frac{t_s}{T}} - \frac{T}{2}\, \varepsilon^{-\frac{2t_s}{T}} - 1{,}5\,T\right].$$

Dieser Ausdruck ergibt für die Werte des angeführten Beispieles und über die Schaltzeit t_s einen Arbeitsaufwand von $0{,}74 \cdot 10^{-10}$ Ws. Der Wirkungsgrad ist dann gegeben mit

$$\eta = 100\, \frac{A_m}{A_m + A_{Cu}} \approx 98\ \%,$$

unter Vernachlässigung der mechanischen Reibungsverluste. Die Kleinheit der Kupferverluste ist einerseits durch die Konstruktion, anderseits aber durch die in bezug auf

Digitized by Google

die Schaltstromstärke sehr große Überbemessung des Leiterquerschnittes bedingt. Wie später noch erwähnt werden wird, besitzt das Relais dadurch eine sehr wertvolle Überlastungsfähigkeit.

Während dieses Beispiel eine verhältnismäßig hohe Spannung im Eingang voraussetzte und ungefähr den Verhältnissen bei einer Lichtschrankensteuerung Rechnung trug, soll nachstehend das Relais im Anschluß an eine Sperrschichtzelle als Dämmerungsschalter betrachtet werden. Bekanntlich kommt es in diesem Falle auf besonders hohe Empfindlichkeit an, wobei die Schaltzeit von untergeordneter Bedeutung ist, während diese Größe bei Lichtschrankensteuerungen wieder besonders kurz sein soll.

Bei einer EMK der Zelle von $15{,}2 \cdot 10^{-3}$ V, einem Widerstand von $R_a = 15{,}5 \cdot 10^3\ \Omega$ ergibt sich ein maximaler Strom im stationären Zustand von $I = \frac{E}{R_a + R_i} = 8 \cdot 10^{-7}$ A. Der Maximalweg der Spule im Relais beträgt nach Gl. (3) 0,92 mm, wenn das Richtmoment mit 10^{-1} g · cm^{-1} eingesetzt wird. Unter Annahme eines Kontaktweges von 0,2 mm bei einem Übersetzungsverhältnis von 2 folgt aus

$$\frac{s'}{S} = \left(1 - \varepsilon^{-\frac{t_s}{T}}\right) \quad \text{die Schaltzeit } t_s = 2{,}43 \text{ s}.$$

Der Kontaktdruck beträgt nach Gl. (4) $P_k = 10{,}2$ mg.

Von Interesse ist die Beantwortung der Frage nach der Grenze der Empfindlichkeit. Um dies zu beantworten, sind zunächst die geringste verlangte Schaltarbeit und der geforderte Kontaktdruck festzulegen. Wenn man für den Kontaktweg 0,1 mm und für die Rückstellkraft 0,05 g · cm^{-1} wählt, ist die mechanische Schaltarbeit

$$A_m = D \frac{(s_k\, \ddot{u})^2}{2} = 10^{-5} \text{ gcm}, \tag{8}$$

und diesem Wert entsprechen rd. 10^{-9} Ws. Dies ist also die Grenze in energetischer Hinsicht, wenn die vorgenannten Werte zugrunde gelegt werden und der Wirkungsgrad 100 % betragen würde. Es ist naturgemäß aber sehr schwer, für die Rückstellkraft und den Kontaktweg die unteren Grenzen festzulegen, da diese in großem Maße von der gewünschten Schaltleistung, Schaltspannung und Stabilität der Kontaktgabe in bezug auf Erschütterungen abhängen.

Eine zweite Grenze der elektrischen Empfindlichkeit ergibt sich aus dem Kontaktdruck. Um diese zu untersuchen, muß die Leistungsfähigkeit des Feldmagneten berücksichtigt werden. Für die Konstruktion des Relais ist das Produkt aus mittlerer Spaltfeldstärke und Spaltvolumen von besonderer Bedeutung; es werde als „Magnetfaktor M" bezeichnet:

$$M = V \mathfrak{H}.$$

Der ideelle Wickelraum (bezogen auf den dem Kreisleiterquerschnitt umschriebenen Quadratquerschnitt) ist $d^2 l = f_1 f_2 V$ (d Leiterdurchmesser, f_1 Füllfaktor des Spaltes, f_2 Füllfaktor der Wicklung), ferner ist $\mathfrak{H} = \frac{d^2 l}{f_1 f_2}$ und nach Einführen des Widerstandes R_i und Eliminieren $\mathfrak{H} l = \frac{M f_1 f_2}{d^2}$. Durch Einführen in Gl. (2) findet sich

$$s = \frac{f_1 f_2}{2} \cdot 10^{-4} \frac{M E}{d^2 D (R_a + R_i)} \left(1 - \varepsilon^{-\frac{(f_1 f_2)^2 \cdot 10^{-18}}{d^4 D} \frac{M^2}{(R_a + R_i)} t}\right) \tag{5}$$

und die dynamische Spulenkraft (stationär)

$$P_{sp} = \frac{f_1 f_2}{d^2} \cdot 10^{-4} M I. \tag{6}$$

Der Kontaktdruck ist dann $P_k = \ddot{u}\,(P_{sp} - D\, s_k)$. Aus Gl. (6) folgt der minimale Erregerstrom

$$I = \frac{d^2 \cdot 10^4}{f_1 f_2 M} P_{sp}. \tag{7}$$

Aus diesen Gleichungen geht deutlich hervor, worauf es ankommt, um die Leistungsfähigkeit des Relais zu erhöhen: einerseits einen möglichst hohen Magnetfaktor und anderseits einen großen Füllfaktor zu erreichen. Während der ersten Forderung durch Verwendung der sehr leistungsfähigen Ringspaltmagneten des Lautsprecherbaues entsprochen wird, wird der große Füllfaktor durch die günstige Gestalt der Systemspule, welche sehr kleines mechanisches Spiel zuläßt, besonders aber dadurch erreicht, daß das Spaltvolumen bis auf das mechanische Spiel ganz von Wicklung erfüllt ist. Es liegt auf der Hand, daß bei den bisherigen hochempfindlichen Relais, die nach dem Drehspulprinzip arbeiten, der Spaltfüllfaktor weitaus niedriger, außerdem aber auch der Magnetfaktor erheblich kleiner ist. Aber auch die Kupferverluste sind beim Drehspulensystem ganz erheblich größer, da jene Leiterlängen, die sich auf den Stirnseiten des Rähmchens befinden, bei der Kraftbildung unbeteiligt sind und als toter Verlustwiderstand auftreten. Bei dem hier vorgeführten Relais mit Schubspulensystem befindet sich die Leiterlänge ganz im homogenen Felde, so daß der Verlust durch Joulesche Wärme das geringstmögliche Maß erreicht; dies besonders dann, wenn die Systemwicklung aus Silber gefertigt wird.

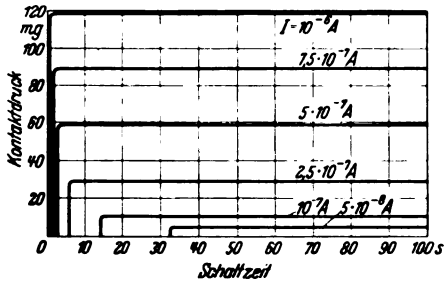


Abb. 3. Schaltzeiten und Kontaktdrücke bei verschiedenen Erregerstromstärken.

Es bietet der Magnetindustrie z. Z. keine Schwierigkeit, den Magnetfaktor von $1{,}2 \cdot 10^4$ zu erreichen. Bei sorgfältiger Wicklung der Systemspule ist $f_1 f_2$ auf 0,3 zu bringen. Eine Ringspule, die diesem Füllfaktor und dem hier erwähnten Magneten entspricht, hat bei Wicklung mit Cu-Draht von 0,025 mm Dmr. einen Widerstand von $14{,}4 \cdot 10^3\ \Omega$. Um eine dynamische Spulenkraft von $3 \cdot 10^{-3}$ g zu erreichen, wird laut Gl. (7) eine Stromstärke von

$$I = 5{,}2 \cdot 10^{-8} \text{ A}$$

benötigt. Für ein direktschaltendes Relais mit verhältnismäßig großen Richtkräften ist die Empfindlichkeit von 0,052 µA ein ganz beachtenswertes Ergebnis. Die Erregerleistung beträgt dann:

$$N_e = I^2 R_i = 3{,}88 \cdot 10^{-11} \text{ W}.$$

Die Abb. 3 zeigt für dieses Relaismodell die Schaltzeiten und Kontaktdrücke bei verschiedenen Anschlußwerten, welchen (stationäre) Erregerstromstärken von $5 \cdot 10^{-8}$ bis 10^{-6} A entsprechen. Die Schaltzeiten werden bei abnehmenden Anschlußwerten zwangläufig durch die Energiebeziehung größer. Außerdem wachsen aber die Schaltzeiten noch weiter an, wenn die Empfindlichkeit des Relais in vorgezeigter Weise gesteigert wird. Gl. (5) zeigt den quadratischen Einfluß des Magnetfaktors M und von $f_1 f_2$ auf die Zeitkonstante der ε-Potenz. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bei zunehmender Empfindlichkeit nach entsprechender Vergrößerung des Außenwiderstandes zu streben. Dieser Umstand ist bei der Anpassung von Photozellen sehr zu beachten.

Auf Grund der gezeigten Erkenntnisse sind die Grenzen der Empfindlichkeitssteigerung zu erkennen. Will man die Schaltarbeit des Relais, die durch Gl. (8) gegeben ist, nicht noch weiter verkleinern, ist die benötigte zuzufüh-

Digitized by Google

rende elektrische Arbeit bereits festgelegt und bewegt sich in der Größenordnung von 10^{-9} Ws. Dieser Wert wird auf Grund des außerordentlich hohen Wirkungsgrades des Relais nahezu erreicht, so daß eine wesentliche Verbesserungsmöglichkeit des Relais in der genannten Richtung nicht mehr besteht. Die Größe des Kontaktdruckes ist hingegen zunächst eine Frage der Leistungsfähigkeit der verwendeten Ringspaltmagnete, worin Verbesserungsmöglichkeiten durchaus vorhanden sind.

Auf die konstruktiven Eigenheiten des Relais soll nur ganz kurz eingegangen werden. Die Bedenken, daß das Spiel im Spalt das Relais mechanisch sehr empfindlich machen könnte, haben sich als unbegründet erwiesen. Bei einem Spiel von 0,20 mm innen und außen war das Relais nach zehnmaliger Fallprobe, auch nachdem es zehn Tage lang feuchter Luft ausgesetzt wurde, völlig einwandfrei. Als Kontaktmetall kommt chemisch reines Platin in Frage, wobei sich als Kontaktform Schneide gegen Platte bewährt hat. Hierbei wird der spezifische Druck vergrößert, und die Schärfe bleibt länger erhalten als beim Nadelkontakt. Das System wird in Steinen gelagert. Zur Erzeugung der Richtkraft auf mechanischem Wege ist nichts weiter zu sagen. Wesentliche Vorteile bietet die Verwendung der magnetischen Richtkraft, wobei ein Zweig des Streuflusses, vom Feldmagneten herrührend, auf einen magnetisch ausgeführten Teil des beweglichen Systems einwirkt. Die Regeleinrichtung verändert die magnetische Leitfähigkeit dieses Zweigflusses. Die magnetische Richtkraft ist bestrebt, eine Veränderung des Magneten auszugleichen, während die mechanische Richtkraft auf eine derartige Veränderung keine Rücksicht nimmt.

Besondere Beachtung verdient die richtige Wahl des zu steuernden Zwischenrelais. Bei sorglosem Vorgehen hierbei ist nicht nur das genaue Schalten des Relais in Frage gestellt, sondern auch die Kontakte werden vorzeitig abgenutzt. Besonders kritisch ist dieser Umstand, wenn der Schaltzustand allmählich eintritt, wie es z. B. bei Dämmerungsschaltern der Fall ist. Dann erfolgt die Kontaktgabe bereits bei einem Druck, der von Null nicht sehr verschieden ist, da hier der Stromverlauf nicht der Abb. 2 entspricht, sondern konform mit dem Verlauf der EMK der Zelle stattfindet. Dann dürfen z. B. die bekannten Quecksilberrelais mit einer Aufnahme von rd. 1 VA keinesfalls verwendet werden. Auch eine Kompensation der Spuleninduktivität schafft keine vollkommene Abhilfe, da die Induktivität des Relais nicht konstant ist, sondern von seinem Schaltzustand abhängt. Dabei gelingt die Kompensation bei diesen Relais noch verhältnismäßig gut, während die Induktivität bei anderen Typen weit größere Bereiche bestreicht. Recht gut hat sich der Anschluß von thermischen Schaltelementen an das Feinrelais bewährt. Durch richtige Bemessung desselben (Hitzdraht) kann die Schaltzeit leicht auf 0,1 s herabgesetzt werden, die Aufnahme beträgt im allgemeinen 0,5 bis 0,9 W bei 4 V und ist reine Wirklast. Völlig einwandfrei ist die Zusammenarbeit mit einem zweiten dynamischen Relais ähnlicher Bauart, jedoch größerer Erreger- und Schaltleistung, wenn in der bekannten Folgekontaktgabe geschaltet wird. Die Kontakte des Feinrelais schalten dann ausschließlich augenblicklich. Gegen Erschütterung ist dieses Relais ganz besonders unempfindlich.

Besonders günstig ist natürlich die Zusammenarbeit des Relais mit einer gittergesteuerten Ionenröhre, wobei im wesentlichen nur Ladungsströme zu schalten sind. Die Empfindlichkeit des Relais kann dann besonders hoch gesteigert werden.

Um den schleichenden Schaltvorgang bei dem Relais als Dämmerungsschalter zu vermeiden, besteht die Möglichkeit, der magnetischen Rückstellkraft einen derartigen Kurvenverlauf zu geben, daß das System des Relais eine regelrechte Sprungschaltung ausführt. Bei der Verwendung als Dämmerungsschalter ist noch die Erscheinung zu berücksichtigen, daß während der vollen Tageshelligkeit beträchtliche Überströme auftreten. Hier kommt die sehr große Überlastungsfähigkeit des Relais zur Geltung. Sie ist gegeben durch das Verhältnis der höchst zulässigen Stromstärke (in bezug auf Erwärmung) zur Nennstromstärke, bei welcher das Relais schaltet. Dieses Verhältnis beträgt bei dem zuerst erwähnten Relaismodell 7600!

Von gleicher Wichtigkeit wie der richtige Einbau des Relais in bezug auf die Ausgangsseite ist die Bemessung des Eingangsstromkreises. Soweit normale Stromquellen und Widerstände vorhanden sind, lassen sich die Vorgänge nach obigen Ausführungen leicht übersehen. Dagegen sind die Verhältnisse, genau betrachtet, wesentlich verwickelter, wenn Sperrschichtzellen angeschlossen werden, wobei EMK, Widerstand und Strom veränderliche Größen in bezug auf die Belichtung sind, außerdem aber noch gegenseitige Abhängigkeit zeigen. Diese Vorgänge sollen an anderer Stelle behandelt werden.

Die gezeigte Bauweise des dynamischen Relais hat jedoch nicht nur in bezug auf Empfindlichkeit (nach welcher Richtung es hier ausschließlich behandelt wurde) wesentliche Vorzüge, sondern auch dort, wo das Relais die seinen Leiterabmessungen voll entsprechende Erregerleistung zugeführt erhält. Dann kommen besondere Leistungsfähigkeit (worunter das Verhältnis von Schaltleistung zur Erregerleistung aufgefaßt werden soll) und Schaltgeschwindigkeit zum Ausdruck. Die obigen theoretischen Ausführungen verlieren für dieses Relais jedoch ihre Gültigkeit, weil dann Masse, Reibung und Induktivität voll berücksichtigt werden müssen. Auch diese Ausführungen sollen Gegenstand einer getrennten Abhandlung sein.

Zusammenfassung.

Beim dynamischen Relais der gezeigten Bauweise ist die theoretisch mögliche Grenze in der Empfindlichkeit im wesentlichen bereits erreicht. Hingegen kann der Kontaktdruck durch Vervollkommnung des Feldmagneten weiter erhöht werden.

Einfluß starker Bestrahlung auf den Zeitverzug im gleichförmigen Feld.

537.523.4 : 535.61-3

Über den Zusammenhang des Zeitverzuges beim Ansprechen einer mit Gleichstrom (Transformator mit Gleichrichterröhre und Glättungskondensator) beanspruchten Funkenstrecke im gleichförmigen Feld und die bei verschieden starker ultravioletter Bestrahlung erforderliche Spannungserhöhung hat Harry J. White Versuche angestellt[1]). Untersucht wurden dabei Luft, Helium und Kohlensäure, und zwar für Elektrodenabstände von 1, 3 und 5 mm. Für Luft ergab sich der Zeitverzug zu etwa 10^{-7} s bei einer Überspannung von einigen wenigen Prozent, während die Erhöhung der Überschlagspannung auf 30 bis 40 % den Zeitverzug bis auf einen mehr oder weniger konstanten Wert von 2 bis $3 \cdot 10^{-8}$ s verkürzte. Eine Abnahme der Bestrahlungsstärke setzte den Zeitverzug in die Höhe, wobei der Einfluß bei geringen Überspannungen viel größer war. So hatte eine Schwächung der Bestrahlung von 1 auf 0,002 bei 10 % Überspannung eine Zunahme des Zeitverzuges von $68 \cdot 10^{-9}$ s auf $130 \cdot 10^{-9}$ s zur Folge, während bei 30 % Überspannung der Zeitverzug nur von $37 \cdot 10^{-9}$ auf $53 \cdot 10^{-9}$ s anstieg. Jedenfalls scheint nach den Versuchen sicher zu sein, daß Zeitverzüge von der Größenordnung von 10^{-7} s an Funkenstrecken von wenigen Millimeter Abstand bei geringen Überspannungen auftreten, aber nur, wenn starke Bestrahlung angewandt wird. — Für Helium sind viel größere Überspannungen als in Luft oder Kohlensäure für gleichen Zeitverzug erforderlich. *W. W.*

[1]) Harry J. White, Physic. Rev. 49 (1936) S. 507.

Digitized by Google

Über Anwendungen des Festmengen-Meßprinzips in Meß-, Zähl-, Schalt- und Regelgeräten.

Von Franz Ferrari VDE, Berlin.

621. 317. 3 + 621. 317. 39

Übersicht. An Hand des vom Verfasser angegebenen Tarifgeräts wird das Festmengen-Meßprinzip behandelt[1]). Danach werden Leistungen durch Messung der Zeit bestimmt, die der Ablauf einer bestimmten Menge („Festmenge", z. B. in kWh) gebraucht hat. Auf der Grundlage dieser Überlegung wird eine ganze Reihe von Aufgaben der Meßtechnik gelöst. Auch für aufzeichnende Meßeinrichtungen sowie für Schalt- und Regelgeräte werden durch dieses Meßprinzip neue Bauarten erschlossen, die sich durch ihre Vielseitigkeit und Einfachheit auszeichnen.

Die Einrichtungen, die im folgenden behandelt werden, beruhen auf einer Überlegung, die als das Festmengen-Meßprinzip bezeichnet werden möge. Dieses auf sehr viele Gebiete der Technik übertragbare Verfahren soll hauptsächlich an der für den Elektrotechniker naheliegenden Intensität — der elektrischen Leistung — betrachtet werden, welche sich ergibt als Produkt $e \cdot i$ oder als eine kleine Teilarbeit in kWh, dividiert durch ihre Verbrauchszeit t.

Man kann also eine Leistung ermitteln, wenn man für eine bestimmte Teilverbrauchsmenge von kWh feststellt, in welcher Zeit sie verbraucht wurde. Es handelt sich hierbei um einen Leistungsmittelwert, der sich dem Augenblickswert um so mehr nähert, je kleiner die Teilverbrauchsmenge (die „Festmenge") angenommen wird.

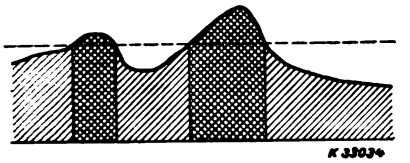


Abb. 1. Lastabhängige Verbrauchsunterscheidung.

In der Elektrizitätswirtschaft hat man ein Interesse daran, den Verbrauch danach zu unterscheiden, ob er bei niedriger oder hoher Leistung abgenommen wurde, weil die Leistung der gewichtigere Kostenfaktor ist. In Grundgebührtarifen z. B. ist die Aufgabe gestellt, zu ermitteln, ob und in welcher Menge Verbrauch unter Nichteinhaltung der Leistung entnommen wurde, für die die Grundgebühr vereinbart und bezahlt wurde (Abb. 1).

Man erhält diese Unterscheidung nach dem Festmengen-Meßprinzip durch das vom Verfasser angegebene „Tarifgerät", über das bereits an anderer Stelle berichtet wurde[2]). In diesem Zusammenhang sei kurz das wesentliche wiederholt:

Der kWh-Zähler erhält einen Kontaktgeber am Zählwerk, der je Festmenge einen Impuls gibt. Die „Festmenge", die an und für sich willkürlich gewählt werden kann, möge festgelegt sein als die Menge elektrischer Arbeit, die bei Einschaltung der kritischen Leistung in 15 min zustande kommen würde. Bei 4 kW wäre die Festmenge demnach 1 kWh, bei 6 kW 1,5 kWh usw.

Die Impulse, die durch den Kontaktgeber gesendet werden, werden nun dem Tarifgerät zugeführt (Abb. 2), welches die Aufgabe hat, die Zeitintervalle zu prüfen und damit zu entscheiden, ob Festmengen in weniger als 15 min entnommen wurden. Unterschreitung der Grenzzeit von 15 min bedeutet, daß die Festmenge bei Überschreitung der vereinbarten Leistung entnommen wurde (Abb. 3). Das Tarifgerät besteht aus einem Synchronmotor, einer ausrückbaren Kupplung, die gewöhnlich geschlossen ist und nur für den Augenblick, in dem der Festmengenkontakt kurzzeitig geöffnet ist, gelöst wird, und einem Spannwerk.

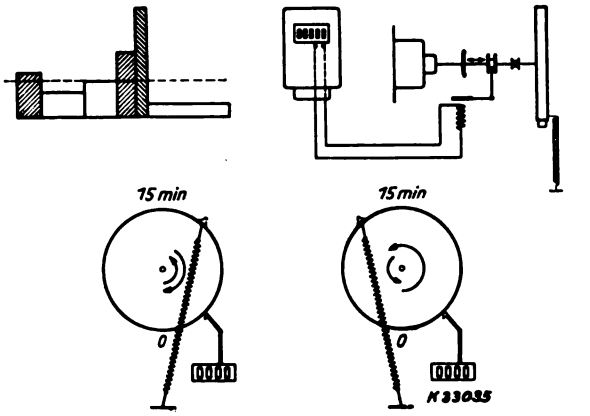


Abb. 2. Tarifgerät. Festmengen, Aufbau des Gerätes, Spannwerksstellungen.

Das Spannwerk ist in Abb. 2 in der Seitenansicht im Überlastungsfall dargestellt. Es bewegt sich aus der Nullage entgegen dem Uhrzeigersinn und würde in 15 min eine Umdrehung von 180 ° gemacht haben. Wird eine Festmenge in weniger als 15 min verbraucht, so kommt der Impuls zu einem Zeitpunkt an, in dem sich das Spannwerk noch vor dem kritischen Punkt befindet. Es erfolgt dann

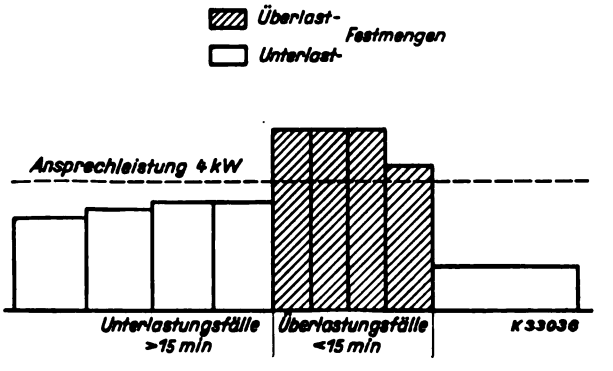


Abb. 3. Überlastungsfestmengen und Unterlastungsfestmengen.

der Rückfall in die Nullage, und hierbei wird das Zählwerk um eine Ziffer fortgeschaltet. Im Unterlastungsfall kommt der Impuls erst, wenn das Spannwerk den kritischen Punkt schon überschritten hat, und es wird in diesem Falle, wie aus dem Bild hervorgeht, die Festmenge nicht gezählt.

Jede registrierte Einheit stellt einen festumrissenen Wert von Kilowattstunden, nämlich eine Festmenge dar. Verwendet man die Festmenge als Ablesekonstante, so ist das Tarifgerät ein Universalgerät zum Anschluß an Wechselstrom- und Drehstromzähler beliebiger Schaltung und kann für jede beliebige Ansprechleistung stets in der-

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten vor dem VDE Gau Berlin-Brandenburg am 24. 9. 1935.

[2]) VDE-Fachberichte 1935, S. 163. Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 169. ETZ 56 (1935) S. 796.

Digitized by Google

selben Form verwendet werden. Von Leistung zu Leistung ändert sich lediglich die Festmenge, d. h. die Übersetzung des Kontaktgebers am kWh-Zählwerk.

Im Gegensatz zu Belastungs-Doppeltarifzählern, deren einwandfreie Herstellung früher große Schwierigkeiten gemacht hat, erhält man durch das Tarifgerät in einem sehr genau arbeitenden Zusatzgerät die eindeutige Entscheidung auf der Grundlage einer Mittelwertbildung.

Nachdem die Meßgröße Überlastungs-kWh nunmehr einwandfrei und wirtschaftlich ermittelt werden kann, ist man in der Lage, Grundgebührentarife folgerichtiger durchzuführen. Der niedrige Arbeitspreis braucht nur für die Leistung zu gelten, die gewöhnlich benutzt wird, und für die der Abstand in Form der Grundgebühr bezahlt wurde. Der Verbrauch, der aus der Vereinbarung herausfällt, kann z. B. nach dem Zählertarif, also mit einem höheren, einen Festkostenanteil enthaltenden kWh-Preis abgerechnet werden.

Durch die Festmengenzeit-Prüfung wird festgestellt, ob ein Vorgang zu schnell oder langsam genug abgelaufen ist. Tritt an die Stelle des kWh-Zählers ein anderer Mengenzähler, ein Streckenzähler, ein Umdrehungszähler oder ein Stückzähler mit Festmengen von n Meter, n Umdrehungen oder n Stück, dann registriert das Tarifgerät das Integral der Überschreitungen einer Grenzintensität in den gleichen Einheiten. Man stellt z. B. fest, wieviel Kilometer lang eine Geschwindigkeit von 100 km/h oder mit wieviel Einheiten eine Normalerzeugung von x Stück/h überschritten wurde.

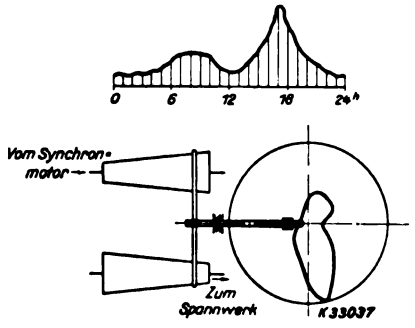


Abb. 4. Von der Werkskurve gesteuerte, stetig veränderliche Übersetzung.

Man kann das Tarifgerät mit einem Sieb vergleichen, durch das Festmengen nach dem Kriterium der Zeit bzw. der Leistung ausgesiebt werden. Die Maschenweite in diesem Sieb ist die Grenzzeit. Man kann diese Grenzzeit auch veränderlich machen, indem man zwischen Synchronmotor und Spannwerk statt der starren Übersetzung eine veränderliche Übersetzung benutzt (Abb. 4). Dadurch kann die Grenzzeit z. B. mit Hilfe einer Kurvenscheibe verändert werden, so daß beispielsweise in Abhängigkeit von der Tageszeit die Ansprechgrenze, von der ab Überlastungs-kWh festgestellt werden, gehoben und gesenkt wird. In der Zeit der Werkspitze würde man beispielsweise die Grenzleistung niedrig ansetzen, während sie in der Nacht sehr hoch werden könnte. In Abb. 4 ist dieses Verfahren angedeutet. Die stetig veränderliche Übersetzung würde in diesem Falle unmittelbar von einer Werks-Belastungskurve gesteuert, die auf eine 24 h-Scheibe übertragen ist.

Das Gerät kann auch zu einem Überverbrauchzähler erweitert werden (Abb. 5). Der Überverbrauch wird nicht nach Augenblicks-Überlastungen, sondern unter Zeitausgleich über je eine Festmenge gebildet. Der Überverbrauch ergibt sich je Festmenge als das Komplement des Spannwerkweges zwischen dem jeweiligen Umkehrpunkt des Spannwerkes und dem kritischen Punkt bei 180 °. Man zählt also diesen Überverbrauch dadurch, daß ein jeweils nach Erfüllung einer Festmenge einfallendes Ritzel den Restweg auf ein Zählwerk übernimmt, indem eine zweite mit dem Spannwerk bewegte Scheibe mit Zahnkranz entgegen dem Uhrzeigersinn in ihre Nullage zurückgedreht wird.

Hat man die Anzahl von Überlastungs-Festmengen z. B. eines Jahres durch ein dem Überverbrauchzähler zugeordnetes Zählwerk nach Abb. 2 erhalten, so ergibt sich durch Multiplikation mit der Grenzzeit (also z. B. 15 min) eine Rechnungsgröße Z, welche eine Zeit darstellt; zieht man von dieser die aus dem Überverbrauchszählwerk zu entnehmende Summe der Komplemente der Spannwerkswege (ebenfalls eine Zeit $t_{ü}$) ab, so erhält man die Überlastungsdauer t_x, d. h. die Summe der Spannwerksrückläufe.

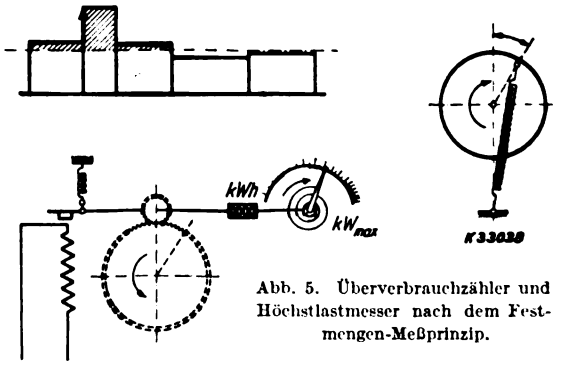


Abb. 5. Überverbrauchzähler und Höchstlastmesser nach dem Festmengen-Meßprinzip.

Man könnte diese Spannwerksrückläufe auch direkt abgreifen, um sie auf ein Zählwerk zu übertragen, jedoch ist die unmittelbare Kenntnis des Überverbrauchs, der auf dem umgekehrten Wege ebenfalls errechenbar wäre, gewöhnlich wichtiger als die sehr selten zu bestimmende Größe t_x; aus diesem Grunde dürfte es vorzuziehen sein, diese letztere Größe der mittelbaren rechnerischen Feststellung zu überlassen.

Aus der Abb. 5 ist auch zu erkennen, daß jeder Umkehrpunkt auf dem Spannwerksweg auch einen ganz bestimmten Grad der Überlastung, nämlich rechts, und der Unterlastung — links — angibt. Man sieht weiterhin, daß der Überverbrauchzähler auch für einen Höchstlastmesser verwendet werden kann, denn man

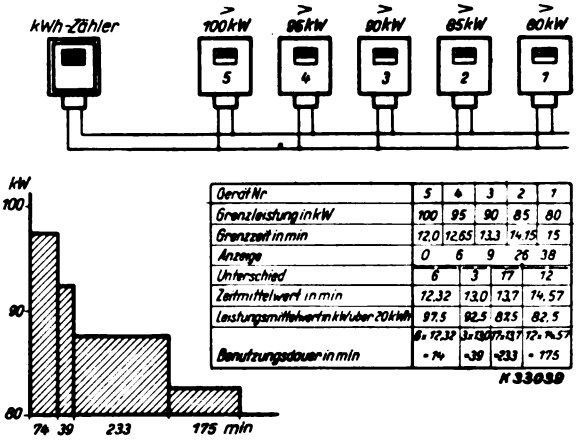


Abb. 6. Höchstlastmessung und Ermittlung des geordneten Überverbrauchs durch fünf Tarifgeräte.

braucht nur die größte Bewegung des Ritzels in bekannter Weise durch einen geschobenen Zeiger festzuhalten. Der gemessene Höchstlastwert unterscheidet sich von dem des bisherigen Höchstlastmessers nur dadurch, daß die Mittelwertbildung nicht über einen konstanten Zeitabschnitt, sondern über eine konstante Menge — die Festmenge — erfolgt.

Man kann die absolute Höhe der Spitze und den Überverbrauch aber auch mit dem einfachen Gerät erhalten. Bei der Großabnahme ist es wichtig, in die Ein-

Digitized by Google

zelheiten Einblick zu bekommen. Dort ist es auch wirtschaftlich vertretbar, mehrere Geräte anzuwenden, wie es für diese Analyse nötig ist (Abb. 6).

Ein möglicher Überlastungsbereich von 25 % über einer angenommenen Leistung von 80 kW sei angenommen, und dieser in Stufen von 5 zu 5 kW eingeteilt. Dann stellt man 5 Geräte, entsprechend abgestuft, auf 15 bis 12 min Ansprechzeit ein und schaltet sie alle parallel in die Festmengenleitung eines kWh-Zählers ein. Dann werden je Festmenge keines, eines, zwei, drei oder vier Geräte ansprechen, je nachdem wie hoch ihr Leistungsmittelwert war. Die Festmengen werden also nach Stufen geordnet. Jeder Stufe entspricht ein Leistungsstufenwert; jede Stufe hat aber auch eine vorher bestimmbare Eigenzeit. Die aufgezeichnete Häufigkeit mal der Eigenzeit ergibt in jeder Stufe ihre Benutzungsdauer. Also erhält man die Werte für die Überlastungsdauerlinie, und das heißt: man erhält den absoluten Wert der Höchstleistung — aber nicht nur für eine Viertelstunde, sondern unmittelbar die Angabe, wie lange sie insgesamt, z. B. in einem Monat, aufgetreten ist. Diese Spitze ist in all den Tarifen von Bedeutung, in denen die Grundgebühr sich nach der Leistung richtet, welche wenigstens in einem 15 min-

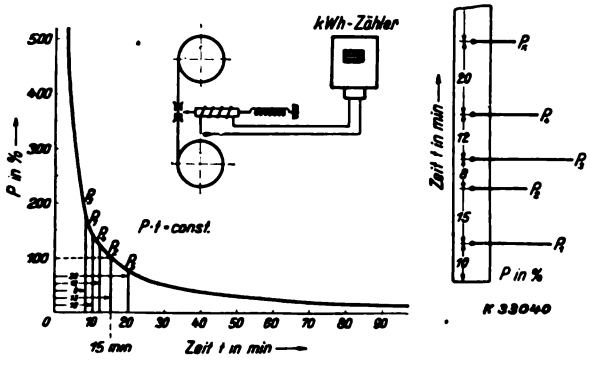


Abb. 7. Festmengen-Registriergerät.

Mittelwert als Höchstwert aufgetreten ist. Man braucht für die gewöhnliche Abrechnung nur das Zählwerk abzulesen und mit der Zeitkonstante zu multiplizieren, welches als letztes der Reihe überhaupt mehr anzeigt als bei der letzten Ablesung.

Sehr wertvoll kann es aber sein, daß man nachträglich aus den Angaben der weiteren Zählwerke die Überlastungsdauerlinie erhalten kann, die bei Neuabschluß von Lieferungsverträgen die wichtigste Unterlage bildet.

Die von der Überlastungsdauerlinie umschlossene Fläche stellt den reinen Überverbrauch dar, und zwar im Gegensatz zum gewöhnlichen Überverbrauchzähler den nach Stufen geordneten Überverbrauch. Die Genauigkeit der Einordnung ist nur eine Frage der Anzahl der eingesetzten Geräte — um so feiner wird die Einstufung —, die Mengen werden aber mit der Genauigkeit des kWh-Zählers erfaßt, denn es gehen ja keine Festmengen verloren.

Gegenüber schreibenden Höchstlastmessern — Zackenschreibern — hat man den Vorteil, daß man nun nicht Einzelspitzen aus mehreren tausend heraussuchen muß, sondern sie in Stufen unmittelbar integriert erhält und den Überverbrauch in allen Einzelheiten zu sehen bekommt. Gewöhnlich interessiert aber auch noch der Zeitpunkt, wann die Überlastungen stattfanden. Man kann dem schon nahekommen, wenn man den Meßsatz durch eine Schaltuhr lediglich in den Spitzenstunden arbeiten läßt.

Genauen Aufschluß erhält man, indem man die Festmengen auf einem durch ein Uhrwerk bewegten Papierstreifen aufzeichnet (Abb. 7). Dichte Folge bedeutet hohe Belastung — weniger dichte Folge niedrige Belastung. Zu jeder Strecke t_n kann man aus der für die Festmenge bekannten Leistungszeitkurve den Wert P_n herausgreifen und erhält die zeitgleiche Leistungskurve, wenn man sich nicht mit dem allgemeinen Überblick begnügt.

Die Umsetzung der Werte t_n in die Intensitätswerte P_n kann auch durch Auswertungsmaschinen auf verschiedenen mechanischen oder elektrischen Wegen erfolgen.

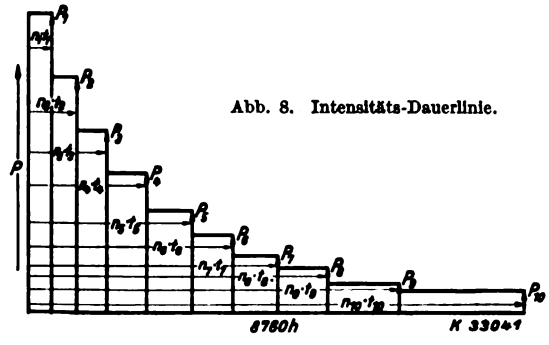


Abb. 8. Intensitäts-Dauerlinie.

Der Streifen ist ein Beleg, an dem etwaige Fälschungen erkennbar wären, denn die Anzahl der Markierungen mal der Festmenge ergibt den Zählerstand. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, an der Meßstelle selbst auf den vielstufigen Meßsatz zu verzichten. Man könnte die aufgenommenen Streifen durch Ablaufenlassen vor einer Photozelle zentral mit einer Serie abgestufter Geräte oder einer vielstufigen Auswertungsvorrichtung auswerten und die Überlastungsdauerlinie einwandfrei und einstufig feststellen. Wichtig ist bei diesem Aufzeichnungsverfahren, daß der kWh-Zähler von der Schreibarbeit entlastet läuft.

In dem Auswertungs-Meßsatz kann man naturgemäß auch Stufen mit größeren Grenzzeiten, z. B. 30, 60, 120, 300 min für die Festmenge, also kleiner werdenden Leistungen, vorsehen und erhält dann die vollständige Leistungsdauerlinie (Abb. 8).

Das Registriergerät nimmt naturgemäß auch andere beliebige Vorgänge veränderlicher Intensität auf im Anschluß an integrierende Zähler — also Mengenzähler, Gas-

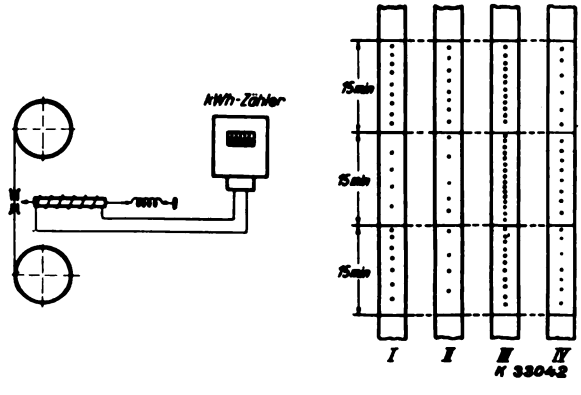


Abb. 9. Zeitgleiche Summierung veränderlicher Vorgänge von vier Meßstellen.

messer, Wassermesser, Streckenzähler oder Stückzähler — und ermöglicht eine bequeme Analyse. Nur einige Beispiele seien dafür gegeben: 10 Umdrehungen einer Maschinenwelle seien eine Festmenge. Der Streifen gibt dann den zeitlichen Geschwindigkeitsverlauf wieder. Trägt man die Geschwindigkeiten auf, so erhält man auch mühelos die mittleren Beschleunigungen — bezogen auf eine Festmenge. Die Auswertungsmaschine liefert die geordnete Geschwindigkeitsdauerlinie.

In der Elektrotechnik erhält man mit der Leistungsdauerlinie sehr wertvolle Unterlagen für alle möglichen

Digitized by Google

offenen Fragen technischer und wirtschaftlicher Art. Läßt man einen Blindverbrauchzähler Festmengen aufzeichnen, so bekommt man die Blindleistungsdauerlinie, nach der man sich über die Auslegung der Kondensatoren für Phasenverbesserung entscheiden kann. Nimmt man einen i^2-Stundenzähler, so sagt die i^2-Dauerlinie, daß ein

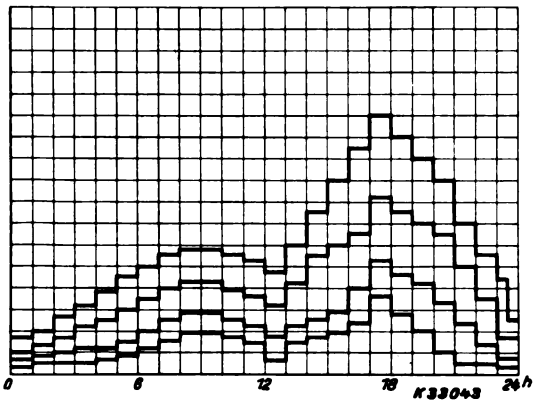


Abb. 10. Summenkurve und Summenspitze (einstündig) von vier Meßstellen.

anderer Transformator, ein stärkeres Kabel oder eine stärkere Freileitung wirtschaftlicher arbeitet. Sogar Zustände können analysiert werden, indem man sie in eine integrierbare Form bringt. Der e^2-Stundenzähler ergibt eine e^2-Dauerlinie, die sagt, wie lange verschiedene Spannungswerte ingesamt vorhanden waren.

In diesem Zusammenhang sei auf eine bemerkenswerte Anwendung des Registriergeräts hingewiesen, die nicht unmittelbar mit dem Festmengen-Meßprinzip verknüpft ist. Wenn veränderliche Vorgänge zeitgleich summiert werden sollen, so nimmt man sie mit dem Registriergerät an den verschiedenen Meßstellen in Form absichtlich klein gewählter Festmengen auf. Es sei die Abnahme von 4 Meßstellen zu summieren. Auf den 4 Meßstreifen (Abb. 9) erhält man beispielsweise je 10 cm Streifenlänge den Verbrauch einer ¼, ½ oder $^1/_1$ h in Punkten. Diese werden ausgezählt und ergeben die Summen-kWh, zugleich aber für die ¼, ½ oder $^1/_1$ h den Leistungsmittelwert in kW. Man kann diese Ordnung durch eine elektromechanische Auszählvorrichtung derart vornehmen, daß man nach Durchlauf der 4 Streifen von einem Tage gleich die Tages-Summenkurve und die Summenspitze in kW erhält (Abb. 10).

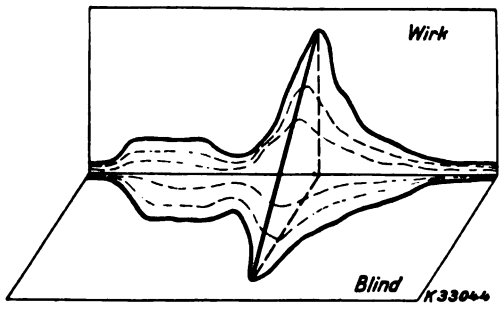


Abb. 11. Ermittlung einer kVA-Summenspitze.

Wertet man im Falle der Summenmessung auch die Blindverbrauchaufnahme mehrerer zusammenzufassender Meßstellen aus, so braucht man nur die Tages-Wirksummenkurve mit der Tages-Blindsummenkurve zusammenzulegen, um die kVA-Spitze als Hypotenuse zu erhalten (Abb. 11). Diese ist dann ermittelt mit Zeitbeleg, mit Aufschluß über ihre Wirk- und Blindkomponente, aber ohne einen kVAh-Zähler, dessen kVAh ja nur als Mittel zum Zweck dienten, die elektrizitätswirtschaftlich allein interessierende kVA-Spitze zu finden.

Man kann auch das Jahresbelastungsgebirge auf einen Tag geordnet erhalten, wenn man den Streifen eines ganzen Jahres in einem Zuge durch eine entsprechende nach Tagesstunden ordnende Auszählvorrichtung durchlaufen läßt.

Die wesentlichen Vorteile der beschriebenen Verfahren sind: Man hat an den Meßstellen das einfache Aufzeichnungsgerät; die Auswertung kann nach den verschiedenen Gesichtspunkten in Vorrichtungen erfolgen, die jeweils für viele Meßstellen zusammen dienen.

Bezieht man die Festmenge nicht auf die Zeit, sondern auf eine zweite veränderliche Verbrauchsmenge, so erhält man Quotienten. Löst man z. B. das Schreibwerk eines registrierenden Höchstlastmessers für Blindverbrauch nicht alle 15 oder 20 min, sondern je kWh-Festmenge aus, die von einem zugehörigen Wirkverbrauchzähler gegeben wird, so zeichnet das Schreibwerk den Blindverbrauch je Festmenge auf, also den $\cos\varphi$ jeder Festmenge. Man erhält je Aufzeichnung die Blindarbeit, zu welcher jeweils eine Wirkarbeit bestimmter Größe (Festmenge) gehört. Jeder Wert der Blindstrecke entspricht einem bestimmten Wert der Scheinarbeit in kVAh. Die Scheinarbeit wurde verbraucht in der Zeit, die seit der vorhergehenden Aufzeichnung vergangen ist. Sie ist durch den Abstand der Registrierungen auf den Papierstreifen wiedergegeben. Mit Hilfe eines Nomogramms erhält man die kVA-Werte. Man braucht sie nur

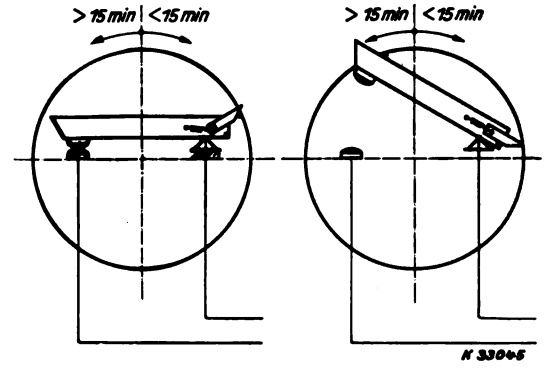


Abb. 12. Schalter des Festmengen-Schaltrelais.

für die Fälle festzustellen, in denen hoher Blindverbrauch mit einem kurzen Zeitintervall in Erscheinung tritt. Ein Wert der ermittelten kVA ergibt sich dann als Höchstwert. Mit diesem Registriergerät zur Ermittlung der kVA-Spitze erhält man auch Aufschluß über die Wirkspitze und darüber, wie sich der Verbrauch auf die einzelnen $\cos\varphi$-Stufen verteilt.

Auch in der Technik der Schaltrelais und Regler sind mit dem Festmengen-Meßprinzip zahlreiche Aufgaben auf neuen Wegen zu erfüllen. Wenn man am Tarifgerät das Zählwerk wegläßt und statt dessen oder außer dem Zählwerk einen Schalter betreibt, der bei Bewegung des Spannwerks entgegen dem Uhrzeigersinn eingeschaltet wird oder eingeschaltet bleibt, im Uhrzeigersinn aber ausgeschaltet wird oder ausgeschaltet bleibt, so hat man ein ganz universelles Intensitäts-Schaltrelais (Abb. 12). Im Überlastungsfall schaltet es aus, im Unterlastungsfall ein oder umgekehrt. Es fällt seine Entscheidung 1. genau auf Grund einer Zeitmessung, 2. energisch — unter Federkraft — und 3. gewissermaßen wohlbedacht auf Grund einer Mittelwertbildung, bezogen auf eine Festmenge. Man kann diese groß oder klein wählen — für lange oder kurze Zeit — und hat es damit in der Hand, die Feinheit der Reglung, die Schalthäufigkeit und damit den Grad der Beunruhigung des Betriebes durch Schaltvorgänge beliebig zu bestimmen.

Man braucht für dieses Schaltrelais einen integrierenden Zähler, der die Festmenge bildet. Die Stromleitung, die Gasleitung, die Wasserleitung oder die um-

Digitized by Google

laufende Welle, also die Träger der Intensität, brauchen nicht mehr in das Schaltrelais eingeführt zu werden, sondern das stets in der gleichen Form verwendete Gerät arbeitet nur mit der Festmenge, die laufend jeweils als vollendete Tatsache gemeldet wird.

Man kann nun z. B. in Abhängigkeit von der Leistung oder Strömungsintensität zu- oder abschalten: Generatoren, Transformatoren, Leitungen für Strom, Gas oder Wasser, Wasserpumpen u. a. m. In Verbindung mit einem Blindverbrauchszähler können Kondensatoren in Abhängigkeit von der Blindleistung geschaltet werden. Man kann z. B. auch den Heißwasserspeicher zwangsläufig so schalten, daß er außer Betrieb ist, wenn auf dem Kochherd und in der übrigen Installation eine bestimmte Leistung überschritten wird. Mit einem e^2-Stundenzähler als Festmengengeber kann man in Abhängigkeit von der Spannung an Transformatoren Regelstufen zu- und abschalten.

Durch Verwendung von zwei Schaltrelais, von denen das eine nur ein-, das andere nur ausschalten kann, während ihre kritische Zeit nach oben (z. B. + 3 min) bzw. nach unten (z. B. — 3 min) von der eigentlichen Festmenge abweicht, erhält man Regelfreiheit innerhalb des dadurch begrenzten Intensitätsbereiches. In diesem erfolgen dann weder Ein- noch Ausschaltungen.

Wie beim Tarifgerät möge nun eine stetig veränderliche Übersetzung zwischen Synchronmotor und Spannwerk eingesetzt werden (Abb. 4). Dann kann man die kritische Intensität, also die Ansprechgrenze des Schaltrelais, genau so wie früher im Tarifgerät, zwangsläufig nach irgendeinem Fahrplan periodisch heben und senken. Ebenso läßt sich eine Steuerung der Ansprechgrenze durch eine andere nicht periodische, sondern ganz beliebige Veränderliche bewirken, indem die veränderliche Übersetzung z. B. durch einen Pegel (Abb. 13), einen Spannungsmesser oder

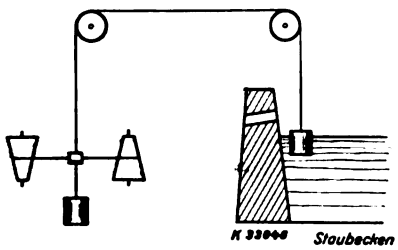


Abb. 13. Beliebig veränderliche Übersetzung im Festmengen-Schaltrelais.

sonstige Zustandsmesser beeinflußt wird. Schließlich kann man auch auf diese zwangsläufige Führung verzichten, und die veränderliche Übersetzung allein von Hand verstellen. In dieser Ausführung wird ein Schaltrelais erhalten, dessen Ansprechgrenze bequem nach einer Skala beliebig verändert werden kann, ohne daß die Festmenge zu diesem Zweck geändert zu werden braucht.

Man erhält mehrstufige Regelung, indem man an die Festmengenleitung mehrere, beispielsweise 5 Geräte anschließt, jedes für eine andere Ansprechgrenze eingestellt. Hierdurch würde man gewissermaßen die Wirkungen, die je Festmenge herbeigeführt werden, abstufen, indem jedes Gerät eine andere Regelstufe oder -gruppe bedient.

Beim Überverbrauchzähler (Abb. 5) nach dem Festmengenmeßprinzip wurde festgestellt, daß jeder Punkt auf dem Spannwerksweg einen ganz bestimmten Überlastungs- oder Unterlastungswert darstellt. Man könnte also durch am Spannwerksweg entlang angeordnete Stufenkontakte die soeben erörterte Abstufung der Relaiswirkungen in einem Gerät sicherstellen. Auch in diesem vielstufigen Regelgerät können die vorerwähnten Erweiterungen durch die stetig veränderliche Übersetzung, also veränderliche Ansprechgrenzen, zur Anwendung kommen.

Noch eine praktisch wertvolle Abwandlung erhält man, wenn man in den Schalt- oder Regelrelais den Zeitantrieb, also den Synchronmotor, ersetzt durch ein Impuls-Fortschaltwerk, das seine Impulse von einem zweiten Mengenzähler erhält (Abb. 14). Dann erhält man jeweils einen Schaltvorgang oder beläßt einen Schaltzustand, abhängig davon, ob einer Festmenge vom Mengenzähler *I* weniger oder mehr als eine bestimmte Anzahl von Einheiten der Menge *II* zugeordnet war. Infolgedessen hat man es nicht mehr mit dem Universal-Intensitätsrelais zu tun, bei dem eine Festmenge zur Zeit in Beziehung gebracht wurde, sondern mit einem Quotientenrelais. Es bewirkt Ein- und Ausschaltungen oder beläßt sie, wenn ein bestimmtes Mengenverhältnis, ein $\cos\varphi$ oder ein Wirkungsgrad oder ein sonstiger Quotient, bezogen auf eine Festmenge, über- oder unterschritten wurde. Für die $\cos\varphi$-Funktion braucht man einen Wirkverbrauchzähler als Festmengengeber und einen Blindverbrauchzähler zur Fortschaltung des Spannwerkes. Für die Funktion η braucht man einen Wirkverbrauchzähler und z. B. einen Dampfzähler. Mit diesen Quotienten-Schaltrelais könnte man als $\cos\varphi$-Relais Kondensatoren zur Phasenverbesserung zu- und abschalten oder in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad die Lastverteilung vornehmen. Auch das Quotientenrelais ist sowohl bezüglich der Ansprechgrenze als auch der Dosierung der Wirkungen ebenso abzuwandeln wie die Intensitäts-Schaltrelais.

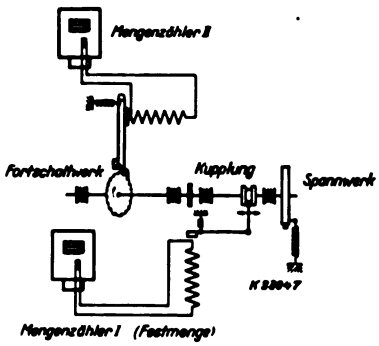


Abb. 14. Quotientenrelais nach dem Festmengen-Meßprinzip.

Die Überlegungen und Aufgaben des Festmengenprinzips in der Zähler-, Analysen- und Regeltechnik erscheinen zunächst verwickelt. Hat man es aber einmal durchdacht, so ist es in der Anwendung von überraschender Einfachheit. Man hat es schließlich immer nur mit demselben Element zu tun. Den Kern bildet das Spannwerk, das nach Prüfung der Zeit oder der Menge *II*, die einer Festmenge zugeordnet war, seine Entscheidung trifft.

Zusammenfassung.

Nach dem Festmengen-Meßprinzip erhält man in Verbindung mit dem kWh-Zähler ein universelles Zusatzgerät zur leistungsabhängigen Unterscheidung des Verbrauchs. Diese ist in erster Linie für Grundgebührentarife wertvoll. Weiter lassen sich nach diesem Prinzip der Überverbrauch, die Höchstlast und Leistungsdauerlinien ermitteln. Alle Anwendungen sind auch auf Messungen von anderen Vorgängen veränderlicher Intensität übertragbar (Wasserversorgung, Gasversorgung, Geschwindigkeiten u. dgl.). Durch das Festmengen-Registriergerät erhält man auch den Zeitbeleg und darüber hinaus die Möglichkeit der Auswertung nach ganz verschiedenen Gesichtspunkten (Intensitätskurven, Intensitätsdauerlinien, zeitgleiche Summierung von mehreren Meßstellen, Ordnung der Intensitäten eines Jahres auf 24 h, kVA-Spitzen- und Quotienten-Ermittlung). Die Schaltrelais nach dem Festmengen-Meßprinzip sind ebenfalls sehr vielseitig und nach den verschiedensten betrieblichen Rücksichten einrichtbar. Schalt- und Regelvorgänge können sowohl in Abhängigkeit von Intensitätswerten als auch von Quotientenwerten erfolgen.

Digitized by Google

Über Untersuchungen an einer neuartigen Starklichtlampe.

Von H. Klumb und R. Odenwald, Freiburg i. Br.

621. 326. 723. 001. 6

Übersicht. Konstruktion und Leistung elektrischer Glühlampen für größere Lichtstärken mit strömender Gasfüllung (Wasserstoff, Stickstoff) werden beschrieben.

Bei der Konstruktion fast aller technisch verwendeten widerstandsbeheizten Lichtquellen (Glühlampen) ist die Forderung zu erfüllen, daß die Lampe eine ihre Wirtschaftlichkeit sichernde Lebensdauer von 100 bis 1000 h besitzen muß, wodurch eine maximale Brenntemperatur

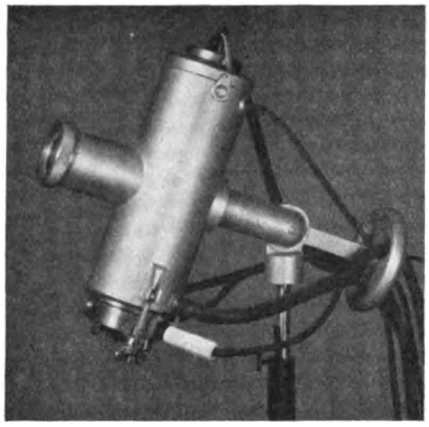


Abb. 1. Wassergekühlte Starklichtlampe. U.V.K.-Lampe für Leistungen von 1 bis 5 kVA.

und maximale Strahlungsdichte zwangsläufig festgelegt sind. Dies ist dann störend, wenn eine widerstandsbeheizte Lampe bei physikalischen, biologischen und phototechnischen Arbeiten im kurzwelligen Ultraviolett (2000 bis 3000 Å), u. U. auch im Ultraroten verwendet werden soll und große Strahlungsintensitäten gefordert werden.

Bei Gelegenheit absorptionsspektroskopischer Untersuchungen haben wir[1]) in der sog. U.V.K.-Lampe eine Lichtquelle entwickelt, welche den genannten Übelstand dadurch vermeidet, daß die Lampe nicht evakuiert wird, sondern während des Betriebes von einem Gas von mindestens Atmosphärendruck durchströmt wird. Als Glühkörper dient eine Wolframwendel, welche nach dem Durchbrennen rasch durch eine neue ersetzt werden kann. Als Füllgas dient nach zahlreichen Versuchen technisch reiner Wasserstoff, der trotz seiner großen Wärmeleitfähigkeit wesentliche Vorzüge besitzt, wogegen die Verwendung von Stickstoff ziemlich umfangreiche Maßnahmen zur Beseitigung der letzten Sauerstoffmengen erfordert.

Die Verwendung von Wasserstoff als Füllgas bedingt einige Besonderheiten der Lampenkonstruktion:

1. Verwendung druckfester Metallgehäuse,
2. Verwendung von Explosionsschutzventilen mit großen lichten Weiten,
3. wegen der großen Wärmeleitfähigkeit des Wasserstoffes scharfe Kühlung (Wasserkühlung des Lampengehäuses),
4. Verwendung temperaturfester Fenster an wassergekühlten Fortsätzen, wodurch ein Angriff der Fenster durch atomaren Wasserstoff und ein Beschlagen der Fenster beim Verpuffen der Glühkörper vermieden wird.

Abb. 1 zeigt das Bild einer U.V.K.-Lampe, Abb. 2 den Schnitt. Die Brennspannungen betragen 20 bis 220 V, die Stromstärken 60 bis 10 A, der Wasserstoffbedarf beträgt einige 10 cm^3/min. Die normale Lampentype ist für eine Leistung von rd. 1 kW gebaut (bei Verwendung eines wassergekühlten Einsatzes 5 bis 10 kW). Die Intensitäten im Ultraviolett sind so groß, daß bei Verwendung eines Quarzspektrographen mit Öffnungsverhältnis 1/8 Spektralaufnahmen bis 2300 Å mit Belichtungszeiten von einigen 10 s aufgenommen werden können. Bei augenblicklichem Verpuffen des Glühkörpers lassen sich bequem Momentaufnahmen bis 2300 Å herstellen.

Es schien von Interesse, die Brauchbarkeit einer derartigen Lampe im sichtbaren Spektralgebiet zu untersuchen. Die gemessenen Werte sind mit relativ groben Fehlern behaftet, einmal, weil die Strahlungen nur in einem kleinen Winkelbereich gemessen werden können und in die Messungen ein nur durch Schätzung zu gewinnender Betrag des im Lampeninnern reflektierten Lichtes miteingeht. Die Messungen mit Wasserstoffüllungen ergeben bei einer elektrischen Leistung von 1000 W eine Lichtstärke von 2000 HK, eine Leuchtdichte von 1300 HK/cm^2, eine Lichtausbeute von 2 HK/W. Bei einer Lampe mit 1350 W Heizleistung wurden gemessen: Lichtstärke 2300 HK, Leuchtdichte 1500 HK/cm^2, Lichtausbeute 1,6 HK/W. Bei einem Versuch mit Stickstoffüllung, wobei der Stickstoff über eine 60 cm lange Schicht von glühendem Kupfer geleitet wurde, traten noch merkliche Oxydationsvorgänge am Glühkörper auf, jedoch war eine Messung der Strahlungsdaten noch möglich. Es ergaben sich folgende Werte: Leistung 257 W, Lichtstärke 394 HK, Lichtausbeute 1,6 HK/W trotz ziemlich niedriger Temperatur. Bei Verwendung derselben Wendel in Wasserstoff war die Lichtausbeute von der Größenordnung 0,5 HK/W. Bei Verwendung eines Molybdänreflektors in der Lampe steigen diese Werte noch um etwa 30 %.

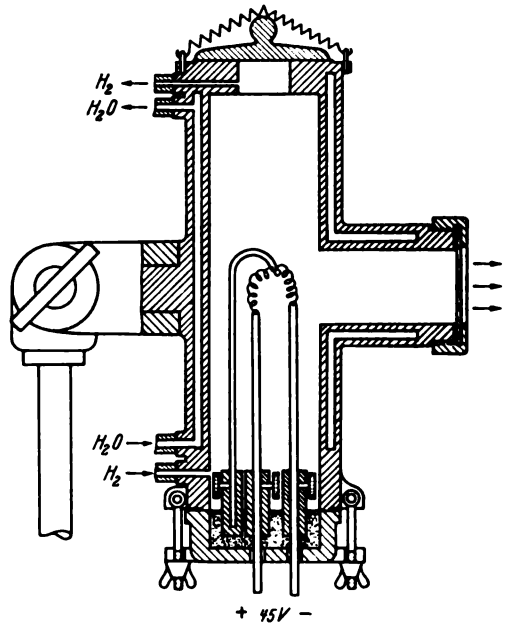


Abb. 2. Wassergekühlte Starklichtlampe im Schnitt.

Die Messungen zeigen, daß die Wirtschaftlichkeit der U.V.K.-Lampe im Sichtbaren an die Größenordnung der Wirtschaftlichkeit gasgefüllter Wolframlampen herankommt, so daß an eine Verwendbarkeit der U.V.K.-Lampe als Starklichtlampe im sichtbaren Spektralgebiet für alle die Zwecke als gegeben angesehen werden kann, bei denen kurze Lebensdauer, etwa 30 min, bei großen Lichtstärken und robuste Lampenbauart gefordert werden müssen.

[1]) Klumb u. Odenwald, Z. techn. Physik 16 (1935) S. 200.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 316. 933. 004. 1 **Einfluß der Einbauart von Überspannungsableitern auf die Betriebsergebnisse in einem 4 kV-Netz.** — Früher wurde in dem betrachteten Netz die Erdleitung eines auf der Hochspannungsseite eines Umspanners eingebauten Ableiters mit einer besonderen Ableitererde verbunden. Seit 1932 hingegen wurde bei einer großen Anzahl von Umspannern eine Verbindung zwischen der Ableitererdung und dem geerdeten Niederspannungs-Nulleiter hergestellt. Durch diese Maßnahme gingen die Umspannerschäden um 49 % zurück; das Durchschmelzen von Sicherungen verminderte sich um 67 %. Ableiterbeschädigungen wuchsen hingegen um 47 %, während Zählerschäden eine kleine Zunahme und Beschädigungen der Abnehmeranlagen keine Erhöhung zeigten.

Bei Ableitern mit Nulleiterverbindung führen erst 200 bis 300 Überspannungen oberhalb 5 kV zu einer Störung. Weniger als 15 % der Überspannungen über 100 kV scheinen zu Umspannerstörungen zu führen. Blitzüberspannungsmessungen zeigen, daß das Potential des nicht geerdeten Umspannerkessels meist in der Nähe des Erdpotentials bleibt. Dadurch können an den Durchführungen trotz der Ableiter hohe Überspannungen auftreten, durch die viele der Blitzstörungen bedingt sind, die trotz der neuen Nulleiterverbindung noch auftreten. Auf der Nulleiterverbindung sind Stoßspannungsabfälle von etwa 3 kV/m und mehr beobachtet worden, was auf die Zweckmäßigkeit des Ableitereinbaus unmittelbar beim Umspanner bei kurzen Nulleiterverbindungen hindeutet. Weitere Ursachen für die restlichen Umspannerbeschädigungen und Sicherungsauslösungen sind alte oder schadhafte innere Umspannerisolation sowie hohe Ableiter-Ansprechspannungen bei steilen Wellen. Die Verbindung der Ableitererdung mit einem ausgedehnten Niederspannungs-Nulleiter und Kabelmänteln vermindert Blitzschäden in starkem Maße, da beide als Bodenseile wirken und eine gute Ableitererde ergeben.

Bei nicht geerdeten Umspannerkesseln sind weniger Blitzstörungen zu erwarten, wenn die Stoßüberschlagspannung der Niederspannungs - Nulleiter - Durchführung auf 10 bis 15 kV begrenzt wird. Bei Erdung des Umspannerkessels soll dieser zur Verminderung von Störungen in seiner unmittelbaren Nähe mit dem Niederspannungs-Nulleiter verbunden werden. Die Untersuchung der Zählerstörungen ergab insbesondere ungenügende Abstände zwischen den Leitungen und dem Gehäuse und eine zu geringe Strombelastbarkeit der dünnen Wicklungsdrähte. Ein ausreichender Blitzschutz für Verteilungskabel von über 600 m Länge kann durch Ableiter innerhalb einer Entfernung von 150 m von den Kabelendverschlüssen erzielt werden. — Als Prüfverfahren für in Betrieb gewesene Überspannungsableiter hat sich die Messung des Verluststromes bei normaler Betriebsspannung und der Ansprechspannung bei Wechselspannung als geeignet erwiesen. Es wurde ein Verluststrom von höchstens 0,15 mA und eine Ansprechspannung von 3 bis 10 kV als zulässig erachtet. Ableiter, die diesen Bedingungen nicht genügten, zeigten mehr oder weniger weitgehende Korrosionserscheinungen, die auf eingedrungene Feuchtigkeit zurückgeführt werden. [H. Halperin u. E. H. Grosser, Electr. Engng. 55 (1936) S. 63.] *gn.*

Leitungen.

538. 552 : 621. 316. 99 **Erdpunktverlagerung in Verteilungsnetzen.** — Der Erdpunkt eines symmetrisch belasteten Drehstromsystems fällt mit dem Schwerpunkt des Spannungsdreiecks zusammen. Verlagerungen des Erdpunktes können in Netzen auftreten, die induktiv und kapazitiv gegen Erde belastet sind, wenn die induktive Belastung eines oder zweier Leiter abgeschaltet bzw. vermindert wird, und in Netzen mit Erdschlußlöschung bei Unterbrechung eines oder zweier Netzleiter. Die Erdpunktverlagerungen werden in einer Arbeit von Gates für beide Fälle in allgemeiner Form ermittelt; im ersteren Falle kann der Erdpunkt bei geeigneter Größe der gegen Erde geschalteten Induktivitäten und Kapazitäten aus dem Spannungsdreieck herausfallen, so daß die Leiter gegen Erde unzulässig hohe Spannungen annehmen, was auch ohne Leiterbruch bei nicht gleichzeitiger Ein- und Ausschaltung der drei Leiter eintreten kann. Bei Erdschlußlöscheinrichtungen treten bekanntlich bei Unterbrechung eines Leiters Verlagerungen nur bis zur Größe der Sternspannung auf, wodurch Leiterspannungen gegen Erde entsprechend der verketteten Spannung auftreten können; bei Unterbrechung von zwei Leitern entspricht die Verlagerung etwa der halben Sternspannung. Da die Verlagerungen, je nachdem ob ein Leiter oder zwei Leiter unterbrochen sind, in verschiedener Richtung erfolgen, treten bei nacheinander erfolgender Zuschaltung Ausgleichschwingungen auf, die durch möglichst gleichzeitige Ein- und Ausschaltung der drei Leiter, also mechanische Kopplung der drei Schalter, vermieden werden können. Endlich können Verlagerungen bei Umspannern in Dreieck-Stern-Schaltung mit geerdetem sekundärem Sternpunkt bei Unterbrechung einer Dreieckseite auftreten.

Von besonderem Interesse sind Erdpunktverlagerungen, die ohne Leiterunterbrechungen bei Stern—Stern geschalteten, im Nullpunkt geerdeten Umspannern oder Wandlern auftreten können, wenn eine Generator-Sternpunktserdung fehlt. Abgesehen von 3. Harmonischen in den Spannungen gegen Erde ermöglicht die Parallelschaltung der eisengesättigten Umspanner-Primärinduktivität und der Erdkapazität des Netzes je Leiter stabile Erdpunktverlagerungen, die dadurch bedingt sind, daß je nach dem Zeitpunkt der Zuschaltung der an einen oder zwei Leiter angeschlossene resultierende Blindwiderstand gegenüber den beiden anderen bzw. dem dritten resultierenden Blindwiderstand durch eine Art Kippung sein Vorzeichen ändert. Diese Verlagerung, bei der der Erdpunkt aus dem Spannungsdreieck herausfallen kann, kann in Richtung einer Sternspannung liegen, kann aber auch mit der doppelten Netzfrequenz ihre Vektorlage ändern, wodurch unzulässige Spannungsbeanspruchungen der Gesamtanlage und eine zu hohe Stromaufnahme der gegen Erde geschalteten Apparate auftreten können. Störungen dieser Art lassen sich durch Verbindung der Sternpunkte mit dem Generatorsternpunkt, also Erdung der Sternpunkte, oder durch Einführung einer Tertiärwicklung in die in Stern—Stern geschalteten und im Sternpunkt geerdeten Umspanner verhindern. Bei Spannungswandlern können Verlagerungen durch Erhöhung der sekundären Bürde vermieden werden. [B. G. Gates, J. Instn. electr. Engr. 78 (1936) S. 317.] *gn.*

Elektromaschinenbau.

621. 314. 21. 015. 33 **Neuere Untersuchungen zur Frage der Stoßbeanspruchung von Transformatoren.** — Als Beiträge zur Frage der Stoßbeanspruchung von Transformatoren behandelt R. Elsner eine Reihe wichtiger Probleme aus diesem Gebiet. An Hand einer kurzen Darlegung des heutigen Standes der Theorie werden zunächst die Grenzen aufgezeigt, welche einer genauen quantitativen Vorausberechnung der Vorgänge innerhalb der Wicklung beim Auftreffen einer Blitzwelle auf einen Transformator gesetzt sind. Diese Grenzen sind teils durch Unvollständigkeiten in dem der mathematischen Behandlung zugrunde gelegten Kettenleiterschema, teils durch Inhomogenitäten der Wicklung und schließlich durch die Schwierigkeit einer genauen Berücksichtigung der gegenseitigen magnetischen Kopplungen zwischen den einzelnen Spulen bedingt. In allen von der Theorie nicht genügend genau erfaßten Fällen gibt das Experiment die richtige Antwort auf die Frage nach den wirklichen Beanspruchungen.

Bei der Ausmessung einer Transformatorwicklung in Luft ist jedoch unbedingt zu beachten, daß das für die Anfangsspannungsverteilung maßgebende Verhältnis $\alpha = N\sqrt{C_s/K_s}$ (C_s Erdkapazität einer Spule, K_s gegenseitige Kapazität benachbarter Spulen, N Spulenzahl der Wicklung) dem im fertigen Transformator unter Öl

Digitized by Google

vorhandenen Wert möglichst weitgehend angeglichen wird; sonst ergeben sich beim Versuch gegenüber den wahren Werten der Beanspruchung unter Öl zu günstige Werte.

An der Wicklung eines älteren Prüftransformators wird das Problem der verstärkt isolierten Eingangswindungen untersucht. Es zeigt sich, daß bei der Auslegung solcher verstärkter Eingangsspulen mit großer Vorsicht zu verfahren ist. Bei übermäßiger Verstärkung der Eingangsspulen und zu grober Stufung der Isolationsstärke besteht die Gefahr, daß infolge der viel steileren Anfangsspannungsverteilung die ersten normal isolierten Spulen zu einem etwas späteren Zeitpunkt wesentlich höhere Spannungsgradienten erhalten als bei durchgehend gleichmäßig isolierter Wicklung.

Für Drehstromtransformatoren wird der Einfluß der Stoßart sowie der hochspannungsseitigen Schaltung auf die im Ausgleichsvorgang enthaltenen Oberwellen kurz erläutert. Eingehend wird die Frage der Rückwirkung der niederspannungsseitigen Schaltung und Klemmenverbindungen auf die Frequenz und die Amplituden des hochspannungsseitigen Ausgleichsvorganges für die verschiedenen Schaltgruppen von Drehstromtransformatoren untersucht. Bei Transformatoren, deren Niederspannungsseite in Δ oder $\curlywedge$ geschaltet ist, besteht ein solcher Einfluß der Niederspannungsseite nur für die ungeradzahligen Harmonischen des oberspannungsseitigen Ausgleichsvorganges, insbesondere für die Grundschwingung (Ordnungszahl $\nu = 1$), bei welcher die Primärseite in einer Viertelwelle schwingt. Die Erscheinung ist demnach auf Transformatoren mit primärseitiger $\curlywedge$-Schaltung beschränkt. Wegen der im allgemeinen endlichen Rückenlänge der auftreffenden Blitzwellen hat aber eine Änderung der Frequenz der Grundschwingung dann stets auch eine Beeinflussung der Amplituden dieser Schwingung zur Folge. Das wird besonders deutlich bei der als Folge einer dreiphasigen Wanderwelle einsetzenden Nullpunktsschwingung von Transformatoren.

Die auf die Niederspannungswicklung übertragenen Spannungen sind grundsätzlich in einen kapazitiv und einen magnetisch induzierten Anteil zu scheiden, wobei sich der letztere bei einphasigem Stoß wieder aus einem quasistationären und einem von der Ausgleichsschwingung der Hochspannungswicklung herrührenden Anteil zusammensetzen kann. Der kapazitiv übertragene Spannungsbetrag baut sich im Augenblick des Auftreffens der Blitzwelle auf den Transformator entsprechend der Lage der NV-Wicklung im elektrischen Feld der Hochspannungswicklung als Anfangsverteilung längs der NV-Wicklung auf und führt im weiteren Verlauf zu einer eigenen Ausgleichsschwingung der NV-Wicklung, durch welche sich diese in den durch die Schaltung ihrer Klemmen und etwaige magnetisch übertragene Spannungen bedingten Endzustand einschwingt. Die Höhe der kapazitiv übertragenen Spannung hängt von dem Verhältnis der Stirndauer der auftreffenden Blitzwelle zur Eigenschwingungsdauer der NV-Wicklung ab.

Für die magnetisch übertragenen Spannungen werden sowohl für den von der primärseitigen Nullpunktschwingung wie für den vom quasistationären Spannungsabfall an der Primärwicklung herrührenden Anteil die einphasigen Ersatzbilder angegeben und daraus die Beziehungen zwischen niederspannungsseitiger Belastung und Höhe und Verlauf der übertragenen Spannung abgeleitet. Für dreiphasige Stöße wird endlich eine Näherungsformel zur überschlägigen Vorausberechnung der größten primärseitigen Nullpunktspannung in Abhängigkeit von der Rückenlänge der Stoßwelle entwickelt, wobei lediglich die Grundschwingung der Wicklung berücksichtigt ist. [R. Elsner, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 6, S. 368.]

621. 319. 35. 027. 7 **Generator für hohe Gleichspannung.** — Vor einigen Jahren beschrieben Van de Graaff, Compton und Van Atta[1]) einen Gleichspannungsgenerator für besonders hohe Gleichspannung, bei dem in einem senkrechten Rohr aus Isolierstoff über Rollen oben und unten ein endloses Seidenband lief. Die untere Rolle — und durch das Seidenband auch die obere — wurde durch einen Motor angetrieben. Eine auf das Seidenband am unteren Ende aufgesprühte Ladung wurde von dem Band nach oben geführt und an einen metallischen Auffänger abgegeben. Die große Bauhöhe der Maschine verlangte hohe Laboratoriumsräume. In einer neueren Arbeit untersucht nun Bennett, wie der Aufbau abgeändert werden muß, damit in einem Raum beschränkter Höhe aus einer solchen Maschine eine möglichst hohe Spannung herausgeholt werden kann. In einem nur 3,65 m hohen Raum hängt er den Auffänger — ein elliptisches Toroid mit etwa 1,20 m größtem Durchmesser — an nach den Wänden abgespannten paraffinierten Seilen auf, so daß der Abstand von Boden und Decke gleich groß wird. Über zwei Rollen an gegenüberliegenden Wänden ist waagerecht das endlose Seidenband gespannt und in der Mitte durch den Auffänger hindurchgeführt. Die an den Rollen aufgebrachte Ladung wird dann wie oben beschrieben von dem umlaufenden Band an den Auffänger abgegeben. Es gelang dem Verfasser auf diese Weise, mit einer Hilfsspannung von 20 kV eine Spannung von rd. 1,2 Mill V zu erzielen, die zu Überschlägen nach Boden und Decke hinreichte. Der Generator erwies sich als stark abhängig von der Luftfeuchtigkeit. Bei hoher Luftfeuchtigkeit konnten nur Spannungen von 500 000 V erreicht werden. [W. H. Bennett, Rev. sci. Instrum. 7 (1936) S. 53.] *Ptf.*

[1]) Phys. Rev. 43 (1933) S. 149. Mech. Engng. 55 (1933) S. 75; Bericht in: ETZ 54 (1933) S. 1146.

Apparate und Stromrichter.

621. 314. 27. 018. 3 **Spannungsoberwellen bei Umrichtern.** — F. Barz geht von den bekannten Umrichtern für Frequenzuntersetzung 3 : 1 (Umrichter mit Kompensationsharmonischer, Hüllkurvenumrichter mit abgestuften Phasenspannungen) aus und weist nach, daß diese bezüglich der Oberwellen der gelieferten Spannung gegeneinander bevorzugt sind. Es wird dann gezeigt, daß die bekannten Umrichter kein Optimum hinsichtlich der Oberwellen darstellen können. Ein solches kann nur erreichbar sein, wenn man bereits bei der Erzeugung der gewünschten Spannung eine Beziehung zwischen den Größen der Speisephasen und der harmonischen Analyse herstellt. Ist $f(x)$ die Sollkurve und $g(x)$ die Istkurve, so muß

$$M = \int_{x_1}^{x_2} [f(x) - g(x)]^2 \, \mathrm{d}x$$

ein Minimum werden. Durch partielle Differentiation erhält man die Bestimmungsgleichungen. Die Rechnungen werden zunächst für drei Speisephasen durchgeführt, die ein symmetrisches Dreiphasensystem bilden. Alsdann wird dieser Phasenzwang aufgehoben und der Phasenwinkel zwischen je zwei Speisephasen als weitere Veränderliche eingeführt. F. Barz erläutert dann die Gesichtspunkte, die für den Umrichterbetrieb mit einer größeren Zahl von Speisephasen in Betracht kommen, und wählt als Grundlage für seine Betrachtungen den Umrichter für die Wiesentalbahn, bei dem bekanntlich zwei gleichfrequente Teilspannungen, die verschiedenartige Kurvenform aufweisen, addiert werden. Nachdem noch die Verbesserungsmöglichkeiten bei der zweiten Teilspannung gezeigt sind, wird der allgemeine Ansatz für sechs Speisephasen und zwei Teilspannungen aufgestellt. Durch ein Näherungsverfahren werden die Abstufungen der Speisephasen ermittelt. Aus der harmonischen Analyse ergibt sich, daß von den Harmonischen niederer Ordnung nur die 7. und 9. mit je etwa 1,5 % vorhanden sind, die übrigen aber kleiner als 0,5 % sind. Verschiedene Umrichter werden dann miteinander verglichen. Schließlich wird der Versuch unternommen, die betrieblichen Einflüsse auf die Kurvenform abzuschätzen. Dabei sind die Spannungsabfälle in den Entladungsstrecken verhältnismäßig leicht zu übersehen. Schwerer zu erfassen sind die Spannungsabfälle in den Transformatoren. Dabei wird in erster Linie der Einfluß der Kommutierung auf die Kurvenform abgeschätzt. Bei der Zusammenfassung über die betrieblichen Einflüsse wird an Hand von zwei Beispielen gezeigt, daß die Spannungsabfälle in dem einen Fall kurvenverbessernd, in dem anderen Fall kurvenverschlechternd wirken. Schließlich wird noch über Versuche am Umrichter für die Wiesentalbahn berichtet und mit Hilfe von theoretisch ermittelten Kurven und von Oszillogrammen der Einfluß der Gittersteuerung auf die Kurvenform nachgewiesen. [F. Barz, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 5, S. 281.]

Digitized by Google

621. 313. 047. 4. 001. 5 **Zur Physik des Schleifkontaktes. Die Stromwendung.** — In dieser Arbeit behandelt F. Schröter einen einfachen Stromwendungsvorgang rechnerisch und experimentell. Die Höchstspannung, die bei der Stromwendung in einer eisenfreien Selbstinduktion entsteht, wird einmal aus dem Übergangswiderstand der auf dem Prüfkommutator schleifenden Bürsten und den übrigen Daten der Versuchseinrichtung berechnet und außerdem durch ein Röhrenvoltmeter gemessen. Die auf diese Weise ermittelten, von der jeweiligen Stromstärke abhängenden Spannungen, insbesondere die kritische Spannung von etwa 10 V, bei der das Feuern an der ablaufenden Bürstenkante beginnt, stimmen nicht überein, die Bürsten kommutieren schlechter als die Rechnung es verlangt.

Die Gründe dafür werden mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen näher untersucht. Aus den Oszillogrammen läßt sich schließen, daß die Bürste eine Art Wälzbewegung auf dem Stromwender ausführt, so daß ihre Kontaktfläche in tangentialer Richtung wesentlich kleiner ist als die Bürstendicke. Infolgedessen ist die wirkliche Stromwendezeit kleiner als die in die Rechnung eingesetzte. Außerdem ist die Stromwendung nur selten ein stetiger Vorgang. Meist lassen die Aufnahmen deutlich das Zu- und Abschalten einzelner Kontaktpunkte der Kontaktfläche erkennen. Diese Unstetigkeiten verschlechtern die Stromwendung ebenfalls. Sie können von Reibschwingungen unruhig laufender Bürsten herrühren oder von Isolierschichten, die sich bei wenig polierenden Bürsten bilden und infolge ihres hohen Widerstandes kaum an der Stromleitung teilnehmen, sondern an wenigen Kontaktpunkten durchschlagen werden müssen.

Die Prüfung einer größeren Zahl verschiedener Bürsten zeigte, daß alle Arten, von den Bronzekohlen mit sehr niedrigen Spannungsabfällen bis zu den elektrographitierten Edelkohlen sich grundsätzlich gleich verhalten. Je höher der Spannungsabfall der Bürste ist, um so größere Ströme verträgt sie, bis die Funkenspannung von 10 V erreicht wird. Eine besondere Kommutierungsfähigkeit der Kohlebürsten im Sinne einer von anderen physikalischen Größen unabhängigen Eigenschaft wurde bei den Untersuchungen nicht gefunden. Ihre Einführung war auch zur Erklärung der Beobachtung nicht erforderlich. [F. Schröter, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 5, S. 338.]

Elektrowärme.

621. 364. 07 **Über die Regelung der Temperatur in elektrischen Öfen.** — Bei der Vollaussetzregelung elektrischer Widerstandsöfen wird die Wärmezufuhr vom Regler durch Abschalten der ganzen Heizleistung unterbrochen, wenn die Ofentemperatur ihren Sollwert t_s bzw. wegen der Unempfindlichkeit (Δt_u) des Reglers den Wert $t_s + \Delta t_u/2$ überschreitet; das Wiedereinschalten erfolgt dann beim Absinken der Temperatur auf $t_s - \Delta t_u/2$. Durch die Wirkung der zwischen Heizwicklung und Wärmefühler aufgespeicherten Wärme und wegen der Zeit, bis sich eine Änderung in der Wärmezufuhr an der Stelle des Temperaturfühlers auswirkt, pendelt die Ofentemperatur um ihren Sollwert. Es wird gezeigt, daß man unter bestimmten Voraussetzungen (gleichbleibende Wärmeleitungs- und Konvektionszahlen, gleichartiger Baustoff) den Verlauf der Temperaturpendelungen aus der 1. Erwärmungslinie zeichnerisch bestimmen kann. Stellt man die Erwärmungslinie des Ofens durch eine aus dem Nullpunkt in der Richtung der Zeitachse verschobene e-Potenzlinie dar $[t = t_\infty (1 - \beta e^{-\varepsilon z})]$, wie dies für die meisten Fälle mit ausreichender Genauigkeit zulässig ist, so läßt sich zeigen, daß die Pendelungen konstant bleiben und daß ihre Mittellinie vom Sollwert um den Regelfehler f abweicht. Bezeichnet man mit N die zugeführte Leistung, mit N_s die zur Aufrechterhaltung von t_s erforderliche Leistung und mit C und k Ofenbeiwerte, so findet man die positive Pendelweite $\Delta t^+ = C(N - N_s) + \frac{\Delta t_u}{2\beta}$, die negative Pendelweite $\Delta t^- = CN_s + \frac{\Delta t_u}{2\beta}$, die gesamte Pendelweite $\Delta t = CN + \Delta t_u/\beta$, den Regelfehler $f = C(N - 2N_s)/2$ und die Dauer einer ganzen Pendelung $Z \approx k N^2/(N - N_s) N_s$, hierin ist β eine Zahl, die immer etwas größer als 1 ist. In den Gleichungen für die Pendelweiten kann jeweils das erste Glied nur von den Betriebsbedingungen (N, t_s) beeinflußt werden, während das zweite von der Reglerempfindlichkeit abhängt. Der Regelfehler hingegen ist vom Regler unabhängig und kann bei einem bestimmten Ofen nur durch geeignete Wahl der Heizleistung klein gehalten werden. Für die Leistung $N = 2N_s$ wird $f = 0$, die Pendeldauer Z jedoch zu einem Kleinstwert, so daß die für die Abnutzung der Schaltgeräte maßgebende Schalthäufigkeit groß wird. Die Ofenbeiwerte C und k sind für eine bestimmte Solltemperatur unveränderlich, werden aber wegen der Zunahme der Wärmeabgabezahl mit zunehmender Solltemperatur kleiner, so daß auch die Temperaturschwankungen und die Pendeldauer verhältnismäßig kleiner werden. Die Versuche, welche zur Überprüfung des angewendeten Rechenverfahrens an einem Laboratoriumsofen in der Technischen Versuchsanstalt der T. H. Wien durchgeführt wurden, bestätigen die rechnerisch gewonnenen Ergebnisse. [M. Melzer, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 6, S. 398.]

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 4 : 389. 6 **Normung magnetischer Meßverfahren.** — Die in Deutschland, Frankreich, England und Amerika festgelegten Prüfverfahren ferromagnetischer Werkstoffe beziehen sich entweder auf Gleichstrommagnetisierung, die nach dem ballistischen Verfahren, oder auf Verlustgrößen, die mit Wechselstromverfahren ermittelt werden. Vorschriften für Prüfungen, bei denen die Proben gleichzeitig einer Gleich- und Wechselstrommagnetisierung unterworfen sind (sog. incremental permeability), sind bisher nicht vorgesehen. L. G. A. Sims schlägt nun vor, auch derartige Messungen, die für gewisse Anwendungen (Funkindustrie, Drosseln usw.) von Bedeutung sind, irgendwie zu normen, und erörtert die hierzu offenstehenden Möglichkeiten, gleichzeitig aber auch die Schwierigkeiten der einzelnen Wege. In Anlehnung an die bestehenden Prüfvorschriften für Eisenbleche im Epstein-Gerät scheint es beispielsweise zweckmäßig, auch hier eine Wechselstrommessung mit sinusförmiger Spannung (Induktion) vorzuschreiben. Letztere läßt sich aber bei hoher Gleichstromvormagnetisierung nicht ohne weiteres aufdrücken. Die Bedingung sinusförmigen Stromes würde zwar diese Schwierigkeiten vermeiden, verläßt jedoch den Boden der bisher gültigen Normen. Eine ballistische (Gleichstrom-) Messung kommt nur für geringe Amplituden in Frage u. dgl. Weiter müssen auch bei der geplanten Normung die verschiedensten Nebeneffekte berücksichtigt werden, so die „zeitliche Änderung" der Permeabilität u. a. m. [L. G. A. Sims, Engng. 140 (1936) S. 290.] *Kmn.*

Fernmeldetechnik.

621. 385. 1. 029. 6. 004. 12 **Der Eingangswiderstand von Elektronenröhren bei sehr hohen Frequenzen.** — Mit steigender Frequenz wird die Hochfrequenzverstärkung immer ungünstiger, weil der Resonanzwiderstand der verwendeten Schwingkreise bei konstanter Dämpfung umgekehrt proportional der Frequenz sinkt. Doch ist dies nicht der einzige Grund. Man hat in den letzten Jahren gefunden, daß der gitterseitige Eingangswiderstand von Elektronenröhren, den man als sehr groß anzusehen gewohnt war (von der kapazitiven Komponente abgesehen), seinerseits mit der Frequenz, und zwar mit ihrem Quadrat sinkt, oder mit anderen Worten, daß der gitterseitige Verlustleitwert mit dem Quadrat der Frequenz wächst. Durch dieses quadratische Anwachsen holt schließlich die Gitterdämpfung die natürliche Kreisdämpfung ein, endlich gelangt man sogar an eine Frequenz, bei welcher sie gleich der Steilheit der Röhre wird, dann ist selbst unter sonst idealen Verhältnissen an eine Verstärkung nicht mehr zu denken.

Die Gitterdämpfung wird verursacht durch die endliche Übergangszeit der Elektronen zwischen Kathode und Gitter einerseits und Gitter und Anode anderseits. Um sich eine physikalische Vorstellung von dem Vorgang zu verschaffen, benutzt man am besten die Darstellung, wonach jedes Elektron bei seinem Flug durch den Zwischenraum andere Elektronen durch Influenz aus dem Gitter „verjagt", und zwar dies um so mehr, je näher es ans Gitter kommt. Nach dem Hindurchfliegen durchs Gitter geht es gerade umgekehrt, indem wieder welche von den „geflüchteten" Elektronen zum Gitter zurückgeholt werden. Bei Gleichstrom heben sich bei negativem Gitter

Digitized by Google

diese beiden Wirkungen auf, anders dagegen wird es, wenn die Übergangszeiten von Bedeutung werden. Dann beginnt bei wachsender Gitterspannung die Elektronenwolke sich erst kurze Zeit hinterher von der Kathode aus in Marsch zu setzen, so daß der erzeugte Gitterstrom der Spannung nicht mehr um 90 °, sondern um weniger vorausläuft und der Eingangswiderstand eine Wirkkomponente erhält. Die Phasenverschiebung steigt mit der Übergangszeit einerseits und mit der Frequenz anderseits. Da der Leitwert als solcher auch mit der Frequenz linear wächst, kann man es erklärlich finden, daß der Eingangsleitwert quadratisch mit der Frequenz wächst. Die Elektronenübergangszeit liegt normalerweise in der Größenordnung von 10^{-9} s, entsprechend einer Wellenlänge von 30 cm. Bei den kleinen „Eichel-" und „Schuhknopf"-Röhren liegen die Verhältnisse wegen der geringeren Übergangszeiten wesentlich günstiger.

Die Formel für den Wirkleitwert lautet: $G = K S f^2 t^2$. (K ist ein für jede Röhrentype gegebener Faktor, S die Steilheit, f die Frequenz, t die Elektronenübergangszeit.) Die Leitwerte wurden vom Verfasser experimentell bestimmt, indem das zu untersuchende Gitter so lange durch Kohlewiderstände ersetzt wurde, bis das angeschlossene Röhrenvoltmeter beim Nachstimmen wieder denselben Ausschlag zeigte. Vorversuche zeigten, daß diese Hochkonstantwiderstände bis hinauf zu 120 MHz noch recht verläßlich sind. An Röhren wurden vor allem gemessen die besonders wichtige Hochfrequenz-Fünfpolröhre RCA 57, welche etwa unserer RENS 1284 entspricht. In derselben Weise kann man auch den Anodenwiderstand messen. Der Eingangswiderstand der RCA 57 beträgt auch bei 80 MHz noch etwa 50 kΩ, er spielt dann gegenüber der natürlichen Schwingkreisdämpfung noch keine Rolle. Die Versuche zeigten den erwarteten quadratischen Verlauf in Abhängigkeit der Frequenz, und zwar wurden die Hochfrequenz-Fünfpolröhren RCA 57 und 58 sowie das besonders kleine Rohr RCA 954 gemessen. Als Beispiel sei angeführt, daß bei 50 MHz die folgenden Eingangswiderstände gemessen wurden:

Besonders kleines Schirmgitterrohr in Laborausführung	200 kΩ
RCA 954	75 kΩ
RCA 57	10 kΩ
RCA 58	8,5 kΩ
RCA 57 (ein anderes Stück)	7 kΩ.

Man sieht, daß selbst Röhren gleichen Typs verschiedene Dämpfungen haben, so daß man die zu erwartende Änderung des Eingangsleitwertes in Funktion von S oder t nicht so leicht zeigen kann wie die Änderung mit der Frequenz, weil man da verschiedene Röhren herstellen müßte. Um die verheerende Wirkung großer Übergangszeiten zu zeigen, wurden besonders große Dreipolröhren angefertigt. Sie hatten bereits bei 15 MHz Eingangswiderstände von 5,5 kΩ und 3,2 kΩ. Man sieht also, daß die alten Wolframröhren aus der ersten Zeit der Empfangstechnik schon aus diesem Grund für Kurzwellen ungeeignet waren.

Weitere Kurven sind der Abhängigkeit der Bedämpfung von Gitter- und Anodenspannung gewidmet. Die RCA 57 verstärkt auch bei guten Kreisen bei 30 MHz nur noch 15fach, und bei 100 MHz geht die Verstärkung etwa auf 1 zurück, weil dann Eingangsleitwert und Steilheit gleich werden. Dagegen ist bei den kleineren Röhren der Eingangswiderstand bei gegebener Frequenz etwa 20mal besser, so daß man bei noch fast 4- bis 5facher Frequenz dieselben Verstärkungen erhält wie mit normalen Röhren; selbst bei 430 MHz hat man bei der RCA 954 noch eine Verstärkung von etwa 1 gefunden. Noch bei 30 MHz könnte man mit diesen Röhren Zwischenfrequenzverstärker mit einer Stufenverstärkung von 50 bis 60 bauen. Bei einer Verbesserung der RCA 954 könnte man wohl noch bis zu Frequenzen von 1000 MHz mit der Verstärkung 1 vordringen. In einem Anhang zu dem Aufsatz werden die Elektronenlaufzeiten für verschiedene Röhrenanordnungen berechnet. [Ferris, Proc. Instn. Radio Engr. 24 (1936) S. 82.] *Kur.*

621. 397. 5 (41) **Wege zu einem Fernsehbetrieb in England.** — Das „Selsdon Television Committee", das sowohl in England als auch in den V. S. Amerika und Deutschland von privater und Regierungsseite die besten Aufklärungen erhielt, hatte die Aufgabe, für eine weitere Ausgestaltung des Fernsehbetriebes in England Richtlinien zu geben. Man war der Ansicht, daß die Zeit für die Einführung eines Fernsehdienstes reif sei. Zunächst wird eine Station von der British Broadcasting Corp. (BBC) in Betrieb genommen. Die Fernsehsendungen sollen einerseits nach dem Baird- und anderseits nach dem Marconi-E.M.I.-System erfolgen so lange, bis man ein einheitliches System einführen kann. Nach Abschluß der Verträge mit den beiden Gesellschaften konnte man an die Einrichtung des Senders gehen.

Auf dem Alexandrapalast ist ein 6 m-Ultrakurzwellensender von 17 kW Leistung aufgestellt; daneben arbeitet ein 3 kW-Sender für Ton. Die effektive Reichweite für guten und interferenzfreien Empfang beträgt ungefähr 55 km. Baird sieht 240 Zeilen und 25 Bilder in der Sekunde vor, während Marconi E.M.I. 405 Zeilen nach dem Zeilensprungverfahren (und damit 50 Bilder/s) benutzt. Die Bilder werden mit der Braunschen Röhre wiedergegeben, und zwar ist der Empfänger so gebaut, daß die Bilder von beiden Systemen empfangen werden können. Die Röhren haben einen Schirmdurchmesser von 30 bis 35 cm. Die Farbe des Fluoreszenzlichtes kann nach Wunsch rötlich, blau, grün, bräunlich oder weiß gemacht werden. Die Beschleunigungsspannung beträgt 2000 bis 3000 V.

Die Ergebnisse mit dem E.M.I.-System sind sehr gut. Über das System von Baird liegt zur Zeit noch kein Bericht vor. Ob eine Projektion der Bilder auf einen Schirm möglich ist, erscheint zunächst zweifelhaft, da bereits durch die Projektionslinse 80 bis 90 % des Lichtes verloren gehen. Während die E.M.I. das Ikonoskop von Zworykin[1]) benutzt, verwendet Baird den Elektronenbildzerleger mit dem Elektronenvervielfacher von Farnsworth[2]). Letzterer hat außerdem einen Zwischenfilmsender für die Sendung von Außenaufnahmen.

Fernsehempfänger werden von verschiedenen Firmen entwickelt. Die Lebensdauer der darin benutzten Braunschen Röhren wird auf 1000 bis 1500 h geschätzt. Im Laufe des vergangenen Herbstes wurden an verschiedenen Stellen öffentliche Fernsehvorführungen gemacht. Zur Zeit liegen Senderaum und Ultrakurzwellensender zusammen. In Zukunft wird man auch von anderen Stellen aus senden müssen. Man war im Frühjahr bereits dabei, ein Kabel für ein Frequenzband von 1 Mill Hz zwischen Birmingham und London zu legen. Neben der Fernsehübertragung soll es für Mehrkanaltelephonie Verwendung finden (200 Kanäle). [L. E. C. Hughes, Electrician 116 (1936) S. 141.] *Hma.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 316. 849. 017. 7 **Dauerstromstärke in frei gespannten Widerstandsdrähten (WM 50).** — Bei der Berechnung der Widerstandsdrähte geht man gewöhnlich von jenen Werten aus, die den Zusammenhang zwischen der Dauerstromstärke I (A), dem Drahtdurchmesser d_0 (mm) und der Temperatur τ_{max} (° C) darstellen und die von den Erzeugerfirmen in Listen zusammengestellt sind. Wie nun R. Edler zeigt, können diese Listenwerte, die in Einzelheiten etwas voneinander abweichen, was besonders auf die Schwierigkeiten bei der Temperaturbestimmung zurückzuführen ist, doch für die praktisch wichtigen Grenzen $d_0 = 0{,}3$ bis 3,0 mm zur Aufstellung einer ausreichend genauen Näherungsformel herangezogen werden. Diese sehr einfache Formel hat parabolischen Charakter und lautet allgemein: $I = \beta d_0^m$; der Exponent m ergibt sich hinreichend genau zu $m = 1{,}4$. Der Zusammenhang zwischen β (Stromstärke für $d_0 = 1$ mm) und der Temperatur τ_{max} im Dauerbetriebe kann auf Grund der Versuchsergebnisse, die in den Listenwerten niedergelegt sind, durch die Näherungsformel $\beta = 0{,}0178 \cdot (\tau_{max} + 130\,°)$ bestimmt werden; diese Näherungsformel gibt die folgenden Werte:

τ_{max} =	600°	550°	500°	460°	400°	300°	200°	100°
β =	13,0	12,1	11,2	10,5	9,42	7,65	5,87	4,09.

Die Werte, die sich aus der neuen Formel $I = \beta d_0^{1,4}$ berechnen lassen, werden mit den Listenwerten verglichen, und man erkennt daraus, daß diese neue Formel für die Grenzen $d_0 = 0{,}3$ bis 3,0 mm eine sehr befriedigende, für die Grenzen $d_0 = 0{,}5$ bis 2,0 mm sogar eine z. T. vorzügliche Übereinstimmung mit den Listenwerten zeigt. Es

[1]) ETZ 56 (1935) S. 761.
[2]) ETZ 56 (1935) S. 761.

Digitized by Google

wird auch daran erinnert, daß die allgemeine Grundform der Näherungsgleichung $I = \beta d_0^m$ schon früher von F. Natalis angegeben wurde[1]), jedoch mit anderen Festwerten, die mit den Listenwerten weniger gut zusammenstimmen.

Mit Hilfe der neuen Näherungsformel kann auch der Zusammenhang zwischen einigen für die Berechnungspraxis wichtigen und bequemen Erwärmungszahlen bestimmt werden, nämlich zwischen der Wärmeabgabeziffer C_{sk} und der spezifischen Kühlfläche φ, der spezifischen Belastungsziffer C, der spezifischen Erwärmungsziffer C', der Oberflächenbelastung B (gültig für eine bestimmte Temperatur τ_{max}), dem Wärmezeitfaktor T (sog. Wärme-Zeit-Konstante) und der Stromdichte j. Die Werte der Stromdichte j werden mit den Werten verglichen, die sich aus den Listen berechnen lassen.

Durch diese Beziehungen zwischen den Erwärmungsgrößen ist der Vorliebe für den einen oder den anderen Berechnungsweg Rechnung getragen; der Zusammenhang mit der Wärmeabgabeziffer C_{sk} in der allgemeinen Grundformel für den Dauerbetrieb macht die beliebige Wahl des Berechnungsweges möglich. — Den Abschluß der Abhandlung bilden Hilfswerte, die zur Berechnung bandförmiger Widerstände aus einem äquivalenten Drahtwiderstande dienen, sowie einige Hinweise für die Wahl einer entsprechend verringerten Stromstärke, wenn die Anordnung der Widerstandselemente eine nur beschränkte Kühlung zuläßt. [R. Edler, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 5, S. 309.]

538. 551 : 621. 3. 016 **Wechselstromleistungen in symbolischer Darstellung.** — In dieser Arbeit stellt sich G. Hommel die Aufgabe, für die komplexen Ausdrücke, die sich bei dem sog. symbolischen Rechnungsverfahren für die Leistungsgrößen ergeben, eine einwandfreie physikalische Begriffserklärung zu begründen. Diese Begründung geht davon aus, daß sich sowohl die geometrische Darstellung sinusförmiger Wechselstromgrößen als auch ihre analytische Behandlung mit Hilfe komplexer Zahlen ausschließlich mit Zusammenhängen der Scheitelwerte periodischer Vorgänge befaßt. Demzufolge können daher auch Wechselstromleistungen in symbolischer Schreibweise nur als Amplituden der zeitabhängigen Glieder in den Gleichungen für die Augenblickswerte der Leistung gedeutet werden. Den Übergang zum Mittelwert der Wirkleistung ermöglicht der Umstand, daß in einphasigen Stromkreisen der Scheitelwert des zeitabhängigen Gliedes der Wirkleistung mit ihrem Mittelwert numerisch übereinstimmt.

Nach einer neuartigen Ableitung des komplexen Operators in der allgemeinsten Form und einer Erörterung über das Vorzeichen der Phasenverschiebung φ wird zunächst für einphasigen Wechselstrom die physikalische Bedeutung der einzelnen Glieder des geometrischen Produktes der leistungsbildenden Größen behandelt. Diese Betrachtung führt zu einer allgemeinen Regel für die Ableitung des Scheitelwertes der zeitabhängigen Wirkleistung, womit zugleich ihr Mittelwert bestimmt ist. Daran schließt sich die Anwendung dieser Betrachtungsweise auf dreiphasige Ausgleichsvorgänge, und der Hauptteil der Arbeit gilt der Darstellung des Leistungsumsatzes in den symmetrischen Komponenten schiefer Drehstromsysteme, wobei sich ein bemerkenswerter Zusammenhang mit früheren Ausführungen des Verfassers über eine physikalische Begriffserklärung des Leistungsfaktors herausstellt[2]). Am Schluß werden noch die analytischen Ergebnisse eines Sonderfalles in der Form von Diagrammen dargestellt, die den Zusammenhang der komplexen Ausdrücke mit den entsprechenden physikalischen Größen unmittelbar veranschaulichen. [G. Hommel, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 5, S. 326.]

621. 314. 6. 011. 1 **Theorie der Greinacher-Schaltung.** — Die Untersuchung dieser bekannten Spannungsverdopplungsschaltung durch H. Piesch setzt sich zum Ziel, ein Verfahren zur praktischen Berechnung der wesentlichen Einzelteile zu entwickeln, wenn bestimmte Betriebsdaten gegeben sind. Die Überlegungen sind auf der Voraussetzung aufgebaut, daß die Nutzspannung, die Belastung sowie die höchstzulässige Welligkeit vorgegeben sind, während die Klemmenspannung am Speisetransformator, die Kennlinie der Ventilgleichrichter und die Kapazität der beiden Speicherkondensatoren berechnet werden sollen. Eine erste Näherungslösung wurde unter der vereinfachenden Annahme gefunden, daß der Widerstand der Ventilgleichrichter in der Sperrichtung unendlich hoch, für entgegengesetzt gerichtete Ströme jedoch endlich und durchaus spannungsunabhängig sei; daß also der Widerstand als Funktion der Spannung eine Unstetigkeitsstelle besitze. Einen analytischen Ausdruck für diese Funktion erhält man durch die Entwicklung in eine Fouriersche Reihe.

Unter dieser Voraussetzung kann der Spannungsabfall entlang dem Gleichrichter (ϱI) beschrieben werden durch den Ansatz:

$$\varrho I = U \sin \omega t - \frac{Q_{min}}{C} + \frac{Q_r}{C}\left(1 - e^{-\frac{t'}{RC}}\right)\left(1 + e^{-\frac{\pi}{\omega RC}}\right) - \int \frac{I\,dt}{C}, \qquad (1)$$

wenn ϱ den Widerstand des Gleichrichters, I den Augenblickswert des gleichgerichteten Speisestroms, U die angelegte Wechselspannung, R und C Belastungswiderstand und Speicherkapazität, Q_r und Q_{min} die Restladungen an den Speicherkondensatoren nach Verlauf einer halben bzw. einer ganzen Entladungsperiode bezeichnen. Wird der Ausdruck nach $\omega t = \tau$ differenziert und ϱ konstant vorausgesetzt, ist die Gleichung in geschlossener Form integrierbar und wird zur Bestimmung eines der gesuchten Parameter verwendet. Man erhält:

$$U(\sin\tau_2 - \sin\tau_1)\left[1 - \frac{1}{1 + \omega^2 C^2 \varrho^2}\right] = U\frac{\omega C \varrho (\cos\tau_2 - \cos\tau_1)}{1 + \omega^2 C^2 \varrho^2} - \text{konst} \cdot \left[e^{-\frac{\tau_2}{\omega RC}} - e^{-\frac{\tau_1}{\omega RC}}\right]. \qquad (2)$$

Weiter gewinnt man einen analytischen Ausdruck durch Berechnung der Ladeperiode $\tau_2 - \tau_1$ durch die folgende Überlegung: Der Spannungsunterschied an einem der beiden Speicherkondensatoren zwischen Beginn und Ende einer Entladeperiode beträgt $U(\sin\tau_2 - \sin\tau_1)$ und ist gleichzusetzen dem Verbrauch während dieser Zeitspanne. Dieser setzt sich zusammen aus der Entladung über R und aus dem Entladestrom entgegengesetzter Polarität, der vom zweiten Kondensator zufließt. Es ist daher:

$$\sin\tau_2 - \sin\tau_1 = 2\sin\tau_2\left[1 - e^{-\frac{2\pi - \tau_2 + \tau_1}{\omega RC}}\right].$$

Die Gleichung kann zeichnerisch gelöst und dadurch für jede vorgegebene „Zeitkonstante" RC Beginn und Ende jeder Nachladung τ_2 und τ_1 bestimmt werden. Gl. (2) kann durch die Entwicklung in eine Potenzreihe nach ϱ gelöst werden. Die numerischen Rechnungen wurden für eine Gruppe vorgegebener Werte durchgeführt.

Zur strengen Lösung der Differentialgleichung wurde der Widerstand als stetige Funktion der angelegten Spannung dargestellt. Die Rechnung wurde für einen Vakuum-Glühkathodengleichrichter durchgeführt. Es ergibt sich: $\frac{1}{\varrho} = \frac{3}{2} K u^{1/2}$ (u Augenblickswert der Spannung an der Röhre). Gl. (1) kann in diesem Fall nur durch Entwicklung in Potenzreihen gelöst werden: I und ϱ werden als Funktionen von u ausgedrückt und der Maßstab so geändert, daß $U = 1$ wird. Die Differentialgleichung lautet nach diesen Umformungen:

$$\cos\tau + \text{konst} \cdot e^{-\frac{\tau}{\omega RC}} = \frac{K u^{3/2}}{\omega C} + \frac{2}{3}\frac{du}{dt}. \qquad (3)$$

Man entwickelt u in eine Potenzreihe nach τ:

$$u = (\tau_2 - \tau)\sum a_n (\tau - \tau_1)^n$$

[1]) Rziha-Seidener: Starkstromtechnik, Bd. 1, 7. Aufl., S. 802. Berlin: W. Ernst u. Sohn.
[2]) Hommel, Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 737.

Digitized by Google

und bestimmt die a_n durch Koeffizientenvergleich. Die oben abgeleitete Bestimmungsgleichung für τ_1 und τ_2 gilt auch hier; mit Hilfe des Integrals von Gl. (3) muß eine Bestimmungsgleichung für die Röhrenkonstante k gewonnen werden. Da der Spannungsverlust am Speicherkondensator ($\sin\tau_2 - \sin\tau_1$) durch die Ladung über die Röhre wettgemacht wird, muß die Beziehung gelten:

$$\sin\tau_2 - \sin\tau_1 = \frac{K}{\omega C}\int_{\tau_1}^{\tau_2} u^{3/2}\,\mathrm{d}\tau\,.$$

$u^{3/2}$ wurde nach der oben entwickelten Reihe bis zur 4. Potenz ausgewertet und die numerische Rechnung für dieselben Betriebsdaten durchgeführt, für die auch der vereinfachte Ansatz ausgewertet wurde. [H. Piesch, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 259.]

621. 315. 012. 2 **Die Anwendung einfacher Gleichungen zur streng richtigen Beschreibung der Wechselstromübertragung.** — In einer methodischen Arbeit, die aus einer Dissertation (T. H. München 1934) entstanden ist, zeigt E. Wich, wie aus den hyperbolisch komplexen Fundamentalgleichungen der Leitungstheorie ein System elementarer Beziehungen abgeleitet werden kann, das eine einfache und doch richtige geometrische Beschreibung der Wechselstromübertragung zuläßt. Die Abhängigkeit zwischen Leistungs- und Spannungsverhältnissen wird durch einfache Kosinus- bzw. Sinusgesetze dargestellt, deren Konstanten mit den Kurzschluß- und Leerlaufeigenschaften der Leitung bestimmt sind. Das Diagramm der Spannungsverhältniskreise ist durch die Wahl der charakteristischen Größe $N_i = U_{20}\cdot I_{1k}$ (Impedanzleistung) als Bezugsgröße der Leistungsverhältnisse für die praktische Anwendung vereinfacht. Zwischen Spannungswinkel und Impedanzwinkel besteht ein Zusammenhang dadurch, daß die Stabilitätsgrenze der Übertragung mit der Annäherung des Spannungswinkels an den Impedanzwinkel erreicht ist. Bei Annahme bestimmter Betriebszustände für den Verbraucherendpunkt der Leitung (Unveränderlichkeit von Spannung, Strom, Wirk-, Blind-, Scheinleistung, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor und Blindleistungsquotient) lassen sich aus den Grundgleichungen die Leistungsverhältnisse am Generatorendpunkt (mit der konstanten Spannung U_1) in Arbeitsdiagrammen darstellen. Die Diagramme, die im wesentlichen schon von Ossanna[1]) für die Spannungsverhältnisvektoren angegeben worden sind, bestehen aus einfachen Kreisscharen, welche jeweils eine ganz bestimmte Lage zu einem für die Übertragung charakteristischen, durch die Leerlauf- und Kurzschluß-Scheinleistung bezeichneten Grunddreieck einnehmen. Der Stabilitätsbereich der Kreise ist durch die Grenzspannungswinkelkurven (Gerade für den Leitungsanfang, Parabel für das Leitungsende) gegeben. [E. Wich, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 6, S. 386.]

Verschiedenes.

517. 7 : 621. 3 **Zur Zahlenrechnung bei vollständigen elliptischen Integralen.** — Wenn man die Legendreschen Tafeln der elliptischen Integrale benutzt, so sind bei elektromagnetischen Anwendungen oft Differenzen von benachbarten Zahlen zu bilden, wodurch von der Genauigkeit der Ausgangszahlen viel verloren geht und die Ergebnisse zu ungenau werden. F. Emde legt Tafeln für anders normierte elliptische Integrale vor. Wenn man diese Tafeln benutzt, so kommen solche Differenzen im allgemeinen nicht mehr vor. Die Schwierigkeit, die an einer singulären Stelle für die lineare Interpolation entsteht, wird dadurch überwunden, daß der die Singularität verursachende Logarithmus für sich berechnet und nur der dann noch an dem Funktionswert fehlende Rest linear interpoliert wird. Die für die Berechnung notwendigen Formeln werden angegeben. [F. Emde, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 243.]

[1]) J. Ossanna, Elektrotechn. u. Maschinenb. 44 (1926) S. 113.

Ingenieuroffizier-Laufbahn bei der Kriegsmarine. — Die Kriegsmarine plant zum Anfang des nächsten Jahres die Einstellung von Ingenieuroffizieren (Diplomingenieuren, Alter nicht über 28 Jahre). Auskunft über die Einstellungsbedingungen erteilt die Inspektion des Bildungswesens der Marine, Kiel.

AUS LETZTER ZEIT.

Eine butan-elektrische Lokomotive. — Seit Jahresfrist hat die Acme Steel Company in Chikago eine butan-elektrische 65 t-Lokomotive in Betrieb. Die Lokomotive ist mit zwei entsprechend ausgebildeten Gasmaschinen ausgerüstet, die sie über Generatoren und Elektromotoren antreiben. Als Hauptvorteile des elektrischen Antriebs werden weiches und schnelles Anfahren und niedrige Unterhaltungskosten hervorgehoben. Das Butangas, welches dem Dieselöl vorgezogen wurde, weil es dort etwa 30 % weniger kostet, wird in drei in der Mitte der Lokomotive an dem Rahmen hängenden Gasbehältern mitgenommen. Die Erfahrungen mit dieser neuartigen Lokomotive sollen sehr gut sein. [Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 309.] *Hs.*

Elektrische Boote auf Binnengewässern. — Der Kraftverkehr auf Binnenseen und Wasserstraßen wird z. Z. noch von Dampf-, Benzin- oder Dieselbooten beherrscht. Obwohl die elektrisch angetriebenen Boote erhebliche Vorteile aufweisen, sind bisher noch recht wenige in Betrieb. Der Königsee hat seit Jahren eine Flotte von jetzt 13 elektrischen Booten mit einem Fassungsvermögen bis zu 150 Personen im Betrieb. Neuerdings ist auch für den Maschsee in Hannover ein elektrisches Boot geliefert worden, das kürzlich als Fährboot in Betrieb genommen wurde. Das Boot ist 17 m lang und 3,6 m breit und bietet Platz für etwa 100 Personen; es entwickelt eine Geschwindigkeit von 11 km/h und vermittelt den Verkehr zwischen den beiden Ufern des 3 km langen Sees. Der Antrieb erfolgt durch eine Schraube, die von einem 15 PS-Reihenschlußmotor angetrieben wird. Der Sammler besteht aus 60 Zellen mit einer Kapazität von 83 kWh und reicht für einen Fahrbereich von 60 km aus. Die große Sauberkeit, die Geruchlosigkeit und Geräuschlosigkeit des elektrischen Betriebes sind für Seen in Stadtnähe und überhaupt für alle solche Gewässer, auf denen Menschen Erholung suchen, von besonderer Bedeutung. Die Nähe der Großstadt sowie die Benutzung des Sees für Bade- und Sportzwecke lassen es notwendig erscheinen, dafür zu sorgen, daß das Wasser nicht durch Öl und die Luft nicht durch Abgase verunreinigt wird. Ein zweites Boot für den Maschsee von etwa gleicher Größe — nicht nur für Fährzwecke bestimmt — ist bereits in Auftrag gegeben. *Rgr.*

Aus der japanischen Aluminiumindustrie. — Die japanische Aluminiumindustrie befindet sich in voller Entwicklung. Die im Oktober 1933 gegründete Japan Manchukuo Aluminium Co. konnte bereits im Herbst 1935 die Aluminiumerzeugung aufnehmen[1]). Das aus der Mandschurei eingeführte Erz, das 50 bis 60 % Aluminium und hohe Eisenanteile enthält, wird im elektrischen Ofen nach dem Hall-Verfahren reduziert und die dadurch erhaltene Rohtonerde vom Ferrosilizium befreit, gemahlen und mit Chlor bei 500 ° behandelt. Man gewinnt auf die Weise eine pulverförmige Tonerde mit einem Reinheitsgrad von 99,5 %. Die Selbstkosten sollen kaum ein Drittel derjenigen des Bayer-Verfahrens ausmachen. Eine andere Gesellschaft, die Manchukuo Railway Co., arbeitet unter ähnlichen Bedingungen, die noch dadurch begünstigt werden, daß billiger Strom beziehbar ist. Das Werk dieser Gesellschaft befindet sich in der Nähe des Kraftwerkes von Fushun, das über eine Leistungsfähigkeit von 100 000 kW verfügt. Die Werksanlagen für die elektrolytische Reduktion der Sumitomo Aluminium Co. in Shikama haben eine Leistungsfähigkeit von 30 000 t Tonerde im Jahre. An Kraft werden 30 000 kW aus einem Wasserkraftwerk und 20 000 kW aus einem Wärmekraftwerk bezogen. Der Jahresplan sieht hier eine Aluminiumerzeugung von 15 000 t vor. *Kp.*

[1]) J. Four électr. 45 (1936) S. 205.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Bergwerksanlagen.

Der Ausschuß für Bergwerksanlagen hat sich entschlossen, nachdem die Bergwerks-Aufsichtsbehörde die Aufstellung besonderer Errichtungsvorschriften für Bergwerke unter Tage als erforderlich bezeichnet hatte, die bisher in den Arbeiten VDE 0100, VDE 0101 und VDE 0800 enthaltenen Bestimmungen für elektrische Anlagen in Bergwerken unter Tage zusammenzufassen und gesonderte Errichtungsvorschriften für B. u. T.-Anlagen herauszugeben.

Nachstehend wird ein Entwurf 1 zu

VDE 0118/19.. „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)"

veröffentlicht.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 30. September 1936 an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Entwurf 1.

VDE 0118/19...

Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.).

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.
§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

II. Begriffserklärungen.
§ 3.

III. Allgemein gültige Bestimmungen.
§ 4.

A. Schutzmaßnahmen.
§ 5. Schutz gegen Berührung betriebsmäßig unter Spannung stehender Teile.
§ 6. Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung.
§ 7. Auftreten zu hoher Spannungen.
§ 8. Überstromschutz.

B. Elektrische Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.
§ 9. Elektrische Maschinen.
§ 10. Transformatoren.
§ 11. Akkumulatoren.

C. Schalt- und Verteilungsanlagen.
§ 12. Schaltung.
§ 13. Ausführung von Schalt- und Verteilungsanlagen und Schalträumen.

D. Geräte.
§ 14. Schalter.
§ 15. Anlasser, Steuer- und Widerstandsgeräte.
§ 16. Steckvorrichtungen.
§ 17. Schmelz- und Durchschlagsicherungen.

E. Ortsveränderliche Betriebsmittel.
§ 18.

F. Beleuchtungsanlagen.
§ 19.

G. Beschaffenheit, Bemessung, Verlegung und Anschlüsse von Leitungen.
§ 20. Zulässige Leitungen.
§ 21. Bemessung der Leitungen.
§ 22. Leitungsverlegung und Leitungsanschlüsse.

H. Lokomotivförderung.
§ 23. Fahrleitung und Zubehör.
§ 24. Lokomotiven.
§ 25. Anlagen für regelmäßige Beförderung der Belegschaft in Fahrdrahtstrecken.

J. Schießbetrieb im Anschluß an Starkstromanlagen.
§ 26.

IV. Zusatzbestimmungen für Grubenräume besonderer Art.
§ 27. Elektrische Betriebsräume.
§ 28. Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.
§ 29. Schlagwettergefährdete Grubenräume.
§ 30. Explosionsgefährdete Grubenräume.

V. Fernmeldeanlagen.
§ 31.

A. Fernmeldeanlagen mit Betriebsspannungen bis 60 V.
§ 32.

B. Fernmeldeanlagen mit Betriebsspannungen über 60 V.
§ 33. Leitungen.
§ 34. Geräte.

C. Schachtsignalanlagen.
§ 35.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Vorschriften treten am ..... in Kraft[1]).

Eine Anpassung der bereits vor dem ..... erstellten Anlagen an die nachfolgenden Vorschriften ist nur insoweit erforderlich, als die Belassung des bisherigen Zustandes das Leben oder die Gesundheit von Personen gefährdet oder eine Brand- oder Explosionsgefahr bedeutet.

§ 2.

Geltungsbereich.

Die Vorschriften gelten für die Errichtung, Änderungen und Erweiterungen aller elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage.

Die Vorschriften gelten nicht für tragbare elektrische Grubenlampen, Zündanlagen mit eigener Stromquelle und nicht für Betriebsmittel, bei denen Ausnahmen von der Bergbehörde zugelassen sind.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Elektrische Betriebsmittel im Sinne dieser Vorschriften sind Maschinen, Transformatoren, Akkumulatoren, Geräte, Leuchten sowie Kabel und Leitungen mit ihrem Zubehör.

b) Fernmeldeanlagen sind Signal-, Fernsprech- und Rückmeldeanlagen sowie mit Mitteln der Fernmeldetechnik hergestellte Fernsteuerungs- und Gefahrmeldeanlagen.

c) Als Betriebsspannung wird die Spannung bezeichnet, die in leitend zusammenhängenden Netzteilen an den Klemmen der Stromverbraucher im Mittel vorhanden ist.

d) Als Spannung gegen Erde wird die größte Spannung bezeichnet, die

1. in Netzen ohne Betriebserdung bei Erdschluß,
2. in Netzen mit Betriebserdung bei Erdkurzschluß

ein Leiter gegen Erde annehmen kann.

e) Berührungsspannung ist die im Störungsfalle zwischen nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Anlageteilen (Metallteilen) oder diesen und Erde auftretende Spannung, soweit sie von einem Men-

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im .....
Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 931 u. .....

Digitized by Google

schen überbrückt werden kann. Die Anlageteile brauchen nicht unmittelbar zur elektrischen Einrichtung zu gehören, sondern können auch sonstige mit dieser in ständiger oder gelegentlicher leitender Verbindung stehende Teile sein.

f) Nennspannung, Nennstromstärke, Nennleistung und Nennfrequenz sind die Größen, für die elektrische Betriebsmittel gebaut oder eingerichtet sind.

g) Körperschluß entsteht, wenn ein nicht zum Betriebsstromkreis, aber zur elektrischen Einrichtung gehörender Anlageteil (z. B. Motorgehäuse) eine leitende Verbindung mit betriebsmäßig Spannung führenden Teilen erhält.

h) Erdschluß entsteht, wenn betriebsmäßig gegen Erde isolierte Leiter in leitende Verbindung mit der Erde kommen.

Erdkurzschluß ist der Erdschluß eines Netzes mit kurzgeerdetem (ohne besonderen Widerstand geerdetem) Sternpunkt.

i) Erdschlußstrom ist der bei Erdschluß in die Erde fließende Strom.

k) Erden ist das Herstellen einer leitenden Verbindung zwischen einem Anlageteil und dem Erder.

Schutzerden ist das Herstellen einer leitenden Verbindung zwischen einem nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden, zu schützenden Anlageteil und dem Erder.

Betriebserden ist das Herstellen einer leitenden Verbindung zwischen einem Netzpunkt und dem Erder.

l) Erder sind die zum Erden benutzten Metallteile, die sich in der Erde befinden und mit ihr in gutleitender Verbindung stehen.

m) Erdübergangswiderstand (Ausbreitungswiderstand) eines Erders ist der Widerstand zwischen dem Erder und dem Gebirgskörper.

Erdungswiderstand ist die Summe von Erdübergangswiderstand und Widerstand der Erdungsleitung.

n) Erdungsleitung ist die leitende Verbindung zwischen dem zu erdenden Anlageteil und dem Erder.

o) Erdung ist die Gesamtheit von Erdungsleitung und Erder.

p) Nulleiter ist der Leiter, der von dem Nullpunkt eines Betriebsmittels ausgeht.

Nullung ist das Herstellen einer leitenden Verbindung des zu schützenden Anlageteiles mit dem Nullpunkt.

Nullungsleitung ist die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Anlageteil und dem geerdeten Nullpunkt.

q) Schutzleitung ist der Sammelbegriff für leitende Verbindungen zwischen dem zu schützenden Anlageteil und dem Erder (bei Schutzerdung) oder dem Nulleiter (bei Nullung).

r) Stromfestigkeit ist die Festigkeit gegen thermische Zerstörung durch Stromwärme und gegen mechanische Zerstörung durch Stromkräfte.

Spannungsfestigkeit (oder elektrische Festigkeit) ist die Festigkeit gegen Überschlag oder Durchschlag.

s) Elektrische Betriebsräume sind Räume, die vorwiegend zum Betrieb elektrischer Betriebsmittel dienen (wie Haspelkammern, Pumpenkammern, Umformerstationen) und die in der Regel nur von unterwiesenen Personen betreten werden.

t) Abgeschlossene elektrische Betriebsräume sind Räume, die nur beauftragten Personen mit Hilfe von Schlüsseln zugänglich sind und nur zeitweise von unterwiesenen Personen betreten werden.

u) Feuer-, explosions- und schlagwettergefährdete Grubenräume sind Räume, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet werden.

v) Ortsveränderliche Geräte sind sämtliche Maschinen, Transformatoren und Geräte im Abbau, z. B. Schrämmaschinen, Bohrmaschinen, Rutschen und Bandantriebe mit den zugehörenden Anlaß-, Schalt-, Steuergeräten und Transformatoren kleinerer Leistung sowie Beleuchtungs- und Bewetterungsanlagen.

w) Betriebsarten. Bei Dauerbetrieb (DB) ist die Betriebszeit so lang, daß die Beharrungstemperatur erreicht wird.

Bei aussetzendem Betrieb (AB) wechseln Einschaltzeiten mit Pausen, die zur Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels nicht ausreichen. Die Summe aus Einschaltzeit und Pause ist die Spieldauer. Das Verhältnis von Einschaltzeit zu Spieldauer ist die relative Einschaltdauer.

Bei kurzzeitigem Betrieb (KB) ist die Betriebszeit so kurz, daß die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird; die Pause reicht zur Abkühlung auf die Temperatur des Kühlmittels aus.

III. Allgemein gültige Bestimmungen.

§ 4

a) Für jede Gesamtanlage sind erforderlich:

ein Lageplan, aus dem die Lage der ortsfesten Transformatoren, der vor ihnen liegenden Kabel und Verteilungsstellen im Wetterstrom der Grube ersichtlich ist, und

ein Schaltplan, der in dem gleichen Umfang eine Übersicht über die Schaltung der Anlage gibt.

Für elektrische Betriebsräume und abgeschlossene elektrische Betriebsräume, die von mehr als einer Seite (ober- oder unterspannungsseitig) gespeist werden können, ist ein Auszug aus dem Schaltplan der zugehörenden Anlage erforderlich, der alle für die Bedienung nötigen Angaben enthalten muß.

b) Bei Maschinen, Transformatoren und Geräten muß der Verwendungsbereich (Leistung, Stromstärke, Spannung, Frequenz und Betriebsart) auf dem Hauptteil der Maschinen, Transformatoren oder Geräte dauerhaft und gut lesbar angegeben sein.

c) Elektrische Betriebsmittel dürfen nur innerhalb des Verwendungsbereiches (Leistung, Stromstärke, Spannung, Frequenz und Betriebsart), für den sie gebaut sind, benutzt werden. Schalter und Steckvorrichtungen, die für eine geringere Spannung als 250 V gebaut sind, dürfen nur in Fernmeldeanlagen und Anlagen mit Akkumulatorenspeisung bis 12 V verwendet werden.

d) Elektrische Betriebsmittel müssen so angeordnet werden, daß ihre Betriebssicherheit durch Wasser, elektrische, chemische, thermische und mechanische Einflüsse nicht beeinträchtigt wird und eine Gefährdung von Personen oder eine Brandgefahr bei ordnungsmäßigem Gebrauch nicht eintreten kann.

e) Als Isolierstoffe sind nur solche zulässig, die den im Betrieb auftretenden Beanspruchungen standhalten.

Holz, Schiefer und Marmor sind als Träger Spannung führender Teile nur unter Öl zulässig [Ausnahmen siehe § 24 a)].

Lackierung, Emaillierung und Oxydierung allein gelten nicht als Isolierung.

Nichtkeramische Isolierstoff-Preßteile müssen — soweit technisch ausführbar — das Überwachungszeichen des Staatlichen Materialprüfungsamtes, Berlin-Dahlem, das gleichzeitig Herkunft und Typ erkennen läßt, tragen.

A. Schutzmaßnahmen.

§ 5.

Schutz gegen Berührung betriebsmäßig unter Spannung stehender Teile.

a) Die unter Spannung stehenden, nicht mit Isolierstoff bedeckten Teile müssen durch ihre Bauart, Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorrichtungen der Berührung entzogen sein.

Bei Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber gilt dies auch für die mit Isolierstoff bedeckten, unter Spannung stehenden Teile.

Ausnahmen sind gestattet bei Schießanlagen, Fahrleitungen, Signalanlagen, elektrischen Betriebsräumen und abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen.

b) Schutzgitter oder Drahtgewebe gelten nur dann als Schutzvorrichtung gegen Berührung, wenn an keiner Stelle ein größerer Abstand als 30 mm für den Durchgriff vorhanden ist.

c) Abdeckungen, Schutzgitter, Gehäuse u. dgl. müssen mechanisch widerstandsfähig und zuverlässig befestigt sein. Ihre Entfernung darf nur mit Hilfe von Werkzeugen möglich sein.

Bewehrungen von Kabeln und Umhüllungen von Leitungen müssen in die Abdeckungen und Schutzverkleidungen der elektrischen Betriebsmittel eingeführt werden.

§ 6.

Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung.

Das Auftreten zu hoher Berührungsspannung ist in erster Linie durch die Verwendung gut ausgeführter Be-

Digitized by Google

triebsmittel und durch sachgemäße Errichtung zu verhindern.

a) Bei Anlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V ist eine der nachstehend aufgeführten Schutzmaßnahmen anzuwenden, sofern die Spannung gegen Erde 65 V überschreitet.

1. Isolierung. Der Berührung zugängliche leitfähige Teile werden durch isolierende, mechanisch widerstandsfähige und dauerhafte Umkleidung der unmittelbaren Berührung entzogen.
2. Schutzerdung. Sie darf nur angewendet werden in Netzen, in denen weder der Nullpunkt noch irgendeine Leitung kurzgeerdet ist.

   Der Erdungswiderstand muß so bemessen sein, daß bei einem Körperschluß die Berührungsspannung unter 65 V bleibt oder ein Fehlerstrom von mindestens dem 2,5-fachen des Nennstromes einer vorgeschalteten Stromsicherung zum Fließen kommt. Dieses ist der Fall, wenn der Erdungswiderstand nicht größer als

$$\frac{65\ \text{V}}{\text{2,5-faches des Nennstromes der Stromsicherung}}$$

   ist. Bei Speisung von zwei oder mehreren Seiten aus muß in je einer Stromsicherung der einzelnen Zuführungsleitungen mindestens das 2,5-fache des Nennstromes zum Fließen kommen.

   Abweichend hiervon darf der Erdungswiderstand bis 30 Ω betragen, wenn alle zu schützenden Anlageteile und die Kabelbewehrungen untereinander und mit der Erdleitung verbunden sind und eine Isolationskontrolleinrichtung eingebaut ist.
3. Nullung. Die Nullung darf nur in Netzen mit geerdetem Nullpunkt angewendet werden. Der Erdungswiderstand darf 2 Ω nicht überschreiten.

   Der Nulleiter ist im allgemeinen in der Nähe des Nullpunktes zu erden.

   Im Bereich des Stromleitungsnetzes vorhandene besonders gute Erdungsmöglichkeiten sind auszunutzen.

   In einem Netz, in dem die Nullung angewendet wird, sind Schutzerdungen ohne leitende Verbindung mit der Nullungsleitung unzulässig.

   Die Leitungsquerschnitte sind so zu bemessen, daß bei Kurzschluß zwischen einem Außenleiter und der Nullungsleitung mindestens das 2,5-fache des Nennstromes einer vorgeschalteten Stromsicherung zum Fließen kommt. Hiervon kann in Netzen mit Spannungen bis 127 V gegen Erde abgesehen werden, sofern bei gleichen Werkstoffen Außenleiter und Nulleiter den gleichen Querschnitt haben.

   Wird ein Überstromauslöser verwendet, über dessen Relaisspule die Nullungsleitung geführt ist und der den zugehörenden, in den Außenleitern liegenden Schalter auszulösen vermag, muß der Auslöser so eingestellt werden, daß er bei Kurzschluß zwischen einem Außenleiter und der Nullungsleitung unverzögert anspricht.

   An der Stromführung betriebsmäßig beteiligte Nulleiter dürfen nicht zur Nullung verwendet werden; sie sind in ihrem ganzen Verlauf isoliert zu verlegen und wie Außenleiter zu behandeln.

b) Bei Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber ist nur Schutzerdung zulässig. Die Berührungsspannung darf 65 V nicht überschreiten. Die Bemessung der Erdung braucht nur den Fall des Einzelerdschlusses zu berücksichtigen. Demgemäß darf der Erdungswiderstand den Wert

$$\frac{65\ \text{V}}{\text{Erdschlußstrom}}$$

nicht überschreiten.

Wenn ein Erdschluß-Lichtbogenlöscher vorhanden ist, darf an Stelle des kapazitiven Erdschlußstromes der Reststrom bei der Berechnung des Erdungswiderstandes zugrunde gelegt werden.

c) Für die Durchführung der Schutzerdung oder Nullung gilt folgendes:

1. Nur elektrische Betriebsmittel dürfen verwendet werden, die zweckentsprechende Anschlußstellen für einen zuverlässigen Anschluß der Schutzleitung haben und bei denen die Anschlußschrauben für die Schutzleitungen besonders gekennzeichnet sind.
2. Unterbrechungsstellen in der Schutzleitung, z. B. Schalter und Steckvorrichtungen, sind nur zulässig, wenn sie so ausgebildet sind, daß mit der Unterbrechung der Schutzleitung zwangläufig vorher oder gleichzeitig auch eine Unterbrechung aller Spannung führenden Leitungen erfolgt.
3. Zur Durchführung der Erdung oder Nullung ist ein besonderer Schutzleiter innerhalb der gemeinsamen Umhüllung mitzuführen. Bei kabelähnlichen Leitungen darf der Beidraht zur Nullung oder Erdung verwendet werden.

   Bei Bleikabeln kann von der Mitführung eines Schutzleiters innerhalb der gemeinsamen Umhüllung abgesehen werden, wenn ein besonders verlegter Schutzleiter (Einfachleitung, Erdseil) mitgeführt wird oder der Bleimantel und die Bewehrung gemeinsam als Erdungs- oder Nullungsleitung benutzt werden. An Muffen, Einführungen und ähnlichen Stellen müssen die Bewehrung und der Bleimantel gut leitend und zuverlässig angeschlossen werden.
4. Der Querschnitt von Erdungs- und Nullungsleitungen muß, wenn sie von den Strom führenden Leitungen gesondert verlegt sind, mindestens gleich dem halben, auf gleichen spezifischen Leitwert umgerechneten Querschnitt der zugehörenden Strom führenden Leiter sein; er braucht jedoch bei Kupferleitungen nicht über 50 mm² gewählt zu werden. Geschützt verlegte Erdungs- oder Nullungsleitungen müssen mindestens einen Querschnitt von 1,5 mm² haben.

   Der Querschnitt des Bleimantels und der Bewehrung von Bleikabeln kann entsprechend deren Leitfähigkeit bei der Berechnung des Querschnittes berücksichtigt werden.
5. Der Querschnitt des Schutzleiters in beweglichen Leitungen zu ortsveränderlichen Geräten muß bei Leitern bis 10 mm² mindestens so stark wie diese gewählt werden. Für größere Querschnitte gilt Tafel I.

Tafel I.

1	2
Querschnitt der Strom führenden Leiter mm²	Mindestquerschnitt des Schutzleiters mm²
16	10
25	10
35	10
50	16
70	25

6. Bei von den Strom führenden Leitungen gesondert verlegten Schutzleitungen ist die Hintereinanderschaltung der zu schützenden Teile unzulässig. Die Zuleitungen zu den zu schützenden Teilen sind parallel an eine oder mehrere Sammelleitungen anzuschließen, die ihrerseits zum Erder oder zum Nullpunkt führen. Hintereinander geschaltete Bauteile dürfen nicht Teile offen verlegter Schutzleitungen bilden.
7. Von den Strom führenden Leitungen gesondert verlegte Schutzleiter sind gegen mechanische Beschädigung und gegen chemische Zerstörung zu schützen. Sie sind so zu verlegen, daß sie leicht überwacht werden können. Die Verbindungen sind sorgfältig durch Schrauben, Nieten oder Schweißen herzustellen.

§ 7.

Auftreten zu hoher Spannungen.

a) Gegen die Gefährdung von Anlagen durch Übertritt der Oberspannung in die Unterspannungsstromkreise sind bei Oberspannungen von 1000 V und darüber, die auf Unterspannungen unter 1000 V umgeformt werden, Schutzmaßnahmen zu treffen.

b) Als Schutzmaßnahmen kommen in Betracht:

1. Unmittelbare Erdung des unterspannungsseitigen Nullpunktes;
2. unmittelbare Erdung eines zwischen die Primär- und Sekundärwicklung eingelegten nicht magnetischen Metallkörpers;
3. Sicherungen oder selbsttätige Schalter, die beim Auftreten zu hoher Spannungen im Unterspannungsstromkreis den Unterspannungs-Nullpunkt oder einen Strom führenden Leiter an Erde legen;
4. Selbstschalter (Relais), die beim Auftreten zu hoher Spannungen im Unterspannungsstromkreis Abschaltung der gefährdeten Anlage bewirken.

Digitized by Google

§ 8.

Überstromschutz.

a) Für Maschinen, Transformatoren, Spannungswandler und Leitungen sind Maßnahmen zum Schutz gegen die Auswirkungen von Kurzschlußströmen zu treffen.

Bei nicht geerdetem Netzpunkt brauchen Selbstschalter nur Auslöser in $m-1$ Außenleitern zu haben (m = Außenleiterzahl). Bei geerdetem Netzpunkt sind Auslöser für alle Außenleiter erforderlich.

Schmelzsicherungen sind stets in alle Außenleiter einzubauen.

b) Nicht ständig beaufsichtigte Maschinen sind gegen unzulässig hohe Erwärmung zu schützen (z. B. durch Motorschutzschalter nach VDE 0665 „Leitsätze für Motorschutzschalter mit thermisch-verzögerter Überstromauslösung").

c) Für Transformatoren muß ein Schutz gegen Kurzschluß in die Zuleitung, ein Schutz gegen Überstrom durch Überlastung in die Zu- oder Ableitung eingebaut werden.

Der Kurzschlußschutz darf auch in der gemeinsamen Zuleitung mehrerer Transformatoren liegen, wenn hierdurch jeder Transformator gegen Kurzschluß geschützt ist.

An Stelle des Überlastungsschutzes ist auch ein Übertemperaturschutz zulässig.

d) In Anlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V gelten für den Überstromschutz von Leitungen folgende Bestimmungen:

1. Am Anfang der Leitungen ist ein Kurzschlußschutz vorzusehen.

   Der Kurzschlußschutz ist so zu wählen, daß die kleinste, für satten, 2-poligen Kurzschluß sich errechnende Stromstärke mindestens das 3-fache des Nennstromes einer vorgeschalteten unverzögerten Stromsicherung beträgt.

2. Bei Verwendung von Selbstschaltern mit Überstromauslösung zur Absicherung von Leitungen in nicht feuersicher ausgebauten Grubenräumen müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die im Falle einer Auslösung durch Kurzschluß in diesen Leitungen eine Wiedereinschaltung ohne besondere Mittel oder Maßnahmen verhindern, oder die den Kurzschluß anzeigen.

   Dieses gilt nicht für Selbstschalter, die Kurzschluß-Schmelzsicherungen enthalten oder denen solche Sicherungen vor- oder nachgeschaltet sind.

3. Leitungen sind gegen anhaltenden Überstrom (Überlastung) durch Stromsicherungen zu schützen.

   Selbstschalter sind so einzustellen, daß die Leitungen entsprechend der zulässigen Dauerbelastung nach Tafel II geschützt sind.

Tafel II.

Zulässige Dauerbelastung von Leitungen mit Kupferleitern.

1	2	3	4	5	6	7	8
		Papierbleikabel					
Querschnitt mm²	Isolierte Leitungen	Einleiterkabel	Zweileiterkabel	Dreileiterkabel			Gummibleikabel
		bis 1 kV		bis 3 kV	3 ··· 6 kV	6 ··· 10 kV	
	Belastbarkeit in Ampere						
0,75	9	—	—	—	—	—	9
1	11	—	—	—	—	—	11
1,5	14	27	23	—	—	—	14
2,5	20	38	30	—	—	—	20
4	25	50	40	—	—	—	25
6	31	65	50	45	—	—	31
10	43	85	70	60	55	50	43
16	75	115	90	80	75	65	75
25	100	150	115	100	95	85	100
35	125	190	140	125	120	100	125
50	160	235	175	150	145	125	160
70	200	285	210	185	175	150	200
95	240	345	250	220	210	180	240
120	280	400	285	250	245	210	280
150	325	460	325	285	275	240	325
185	380	515	370	325	315	270	380

Schmelzsicherungen sind nach Tafel III auszuwählen.

Tafel III.

1	2	1	2
Zulässige Belastung der Leitung A	Höchste Nennstromstärke der Schmelzsicherung A	Zulässige Belastung der Leitung A	Höchste Nennstromstärke der Schmelzsicherung A
9	6	100	80
11	6	125	100
14	10	160	125
20	15	200	160
25	20	240	200
31	25	280	225
43	35	325	260
75	60	380	300

Ausgenommen sind Fahrstromleitungen [siehe § 24 i)].

4. Stromsicherungen nach 3. sind an allen Stellen anzubringen, an denen sich der Querschnitt der Leitungen nach der Verbrauchsstelle hin vermindert, sofern nicht davor liegende Stromsicherungen bereits den schwächeren Querschnitt mitschützen.

   Stromsicherungen müssen stets nahe der Stelle liegen, an der das zu schützende Leitungsstück beginnt.

5. Bei zwei parallelgeschalteten auf gleichem Wege geführten Leitungen sind Stromsicherungen nach 3. in jeder einzelnen Leitung anzuordnen. Eine Sicherung lediglich in der gemeinsamen Zuleitung ist jedoch zulässig, wenn die parallelgeschalteten Leitungen nicht einzeln betrieben werden können, wenn sie keine Abzweige haben und wenn die gemeinsame Stromsicherung höchstens für die aus der Summe der Querschnitte nach Tafel II zulässige Dauerbelastung bemessen ist.

   Bei mehr als zwei parallelgeschalteten Leitungen sind am Anfang und am Ende jeder Leitung Stromsicherungen nach 3. einzubauen.

6. Von zwei Seiten aus gespeiste Leitungen (Ringleitungen) sind beiderseitig nach 1. und 3. zu sichern.

   Zweigen von solchen Leitungen weitere Leitungen ab, so müssen auch diese für sich abgesichert werden, soweit nicht die Stromsicherungen der beiden Zuführungen einen genügenden Überstromschutz bilden.

7. In Schutzleitungen dürfen Stromsicherungen nicht eingebaut werden.

e) In Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber gelten die Vorschriften unter d) mit folgender Ausnahme:

Ein Schutz gegen Überstrom durch Überlastung ist am Anfang der Leitungen nicht erforderlich, wenn der Querschnitt für die Summe der Nennströme aller Verbraucher bemessen ist, und wenn durch Stromsicherungen vor den Verbrauchern oder im Unterspannungsnetz verhindert ist, daß die zulässige Belastbarkeit der Leitungen (siehe Tafel II) dauernd überschritten wird.

f) Die Bestimmungen unter d) und e) gelten nicht für Leitungen in: Schaltanlagen, elektrischen Betriebsräumen, nicht für Verbindungsleitungen zwischen Maschinen, Transformatoren, Akkumulatoren, Schaltanlagen u. dgl. und nicht für Abzweige, die nicht länger als 5 m sind. Sie gelten auch nicht in solchen Fällen, in denen durch das Wirken einer etwa angebrachten Stromsicherung Gefahren im Betrieb der betreffenden Einrichtungen hervorgerufen werden können.

g) Überstrom-Schutzeinrichtungen und zugehörende Stromwandler müssen den an ihrer Einbaustelle zu erwartenden Kurzschlußbeanspruchungen gewachsen sein.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. R. Ritter †. — Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing. Ernst Richard Ritter, ein Vorkämpfer der Elektrowärmetechnik, starb am 22. 7. im Alter von 54 Jahren. Auf seine Verdienste werden wir in einem besonderen Nachruf zurückkommen.

E. Ullmann †. — Am 25. 7. starb in Essen Dipl.-Ing. Edgar Ullmann, Obering. beim Verein zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen. Wir werden des Verstorbenen noch in einem besonderen Nachruf gedenken.

J. Essberger. — Am 5. Juli d. J. konnte das langjährige Mitglied des VDE, Herr John A. Essberger, die 80. Wiederkehr seines Geburtstages in voller Rüstigkeit feiern. J. Essberger wurde 1856 in Australien geboren. Zur Erlernung der deutschen Sprache kam er nach

John A. Essberger.

Deutschland und besuchte hier ein Realgymnasium. Seine technische Ausbildung genoß er in Berlin und kam hier auch gelegentlich mit dem Altmeister der Elektrotechnik, Werner von Siemens, zusammen. Seine praktische Tätigkeit begann Herr Essberger als Techniker in der Fabrik von Schäffer & Walcker und in der Gasanstalt Charlottenburg. Inzwischen hörte er bei Slaby Elektrotechnik. 1883 ging Herr Essberger nach München, um hier in einer Spezialfabrik für Elektrotechnik sich zum erstenmal in der Elektrotechnik zu betätigen. Hier lernte er auch Uppenborn kennen, den späteren Redakteur der ETZ. Fünf Jahre später, 1889, übernahm J. Essberger die technische Leitung der Fabrik für Elektrotechnik und Maschinenbau in Bamberg. Er entwickelte hier besonders die direkt gekuppelten, langsam laufenden Dynamomaschinen für Dampfmaschinenantrieb. Auch die damals besonders im Vordergrund stehenden Bogenlampen wurden unter seiner Leitung technisch vervollständigt.

Als die Bamberger Fabrik infolge der allgemeinen Krise ihre Pforten schließen mußte, übernahm Essberger die Leitung der Abteilung für Licht- und Kraftanlagen bei der Union-Elektrizitäts-Gesellschaft. Wiederum in Berlin, kam er mit Otto Lilienthal zusammen, der damals in Lichterfelde seine Gleitflugversuche unternahm. Herr Essberger hatte sich schon mit der Konstruktion von Luftfahrzeugen befaßt und erkannt, daß eine erfolgreiche Entwicklung der Luftfahrzeuge nur durch Motorenantrieb erreicht werden konnte. Doch scheiterte seinerzeit die praktische Ausführung aus Mangel an kleinen und leichten Motoren.

Die Tätigkeit Essbergers bei der Union dauerte 15 Jahre bis zum Zusammenschluß der Union mit der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft. J. Essberger trat dann in ein von den Firmen Bergmann, A. Nissen & Co. und Neufeldt & Kuhnke und ihm selbst gegründetes Unternehmen, die Schiffsunion für die Herstellung elektrotechnischer Spezialanlagen, ein, die sich hauptsächlich mit der Herstellung von Steuereinrichtungen für Schiffe, Hebezeugen für Hafenanlagen usw. befaßte. 1931 legte Essberger die Tätigkeit nieder, um sich nur noch Reedereibetrieben zu widmen. Obwohl Herr Essberger in den letzten Jahren beruflich sich nur noch ausschließlich mit nichtelektrischen Fragen beschäftigte, hat er noch ein sehr großes Interesse für die Elektrotechnik, die einst das Hauptgebiet seiner Tätigkeit war.

Hochschulnachrichten. — Dr.-Ing. habil. F. Oertel, Dozent an der T. H. Berlin, wurde zum nb. ao. Professor ernannt. Prof. Oertel liest über Fragen des elektrischen Antriebes in der Industrie.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Die moderne Selektivschutztechnik und die Methoden zur Fehlerortung in Hochspannungsanlagen. Unter Mitarb. v. Dipl.-Ing. H. Neugebauer, Dr.-Ing. H. Poleck, Dr.-Ing. R. Schimpf und Dr. phil. J. Sorge herausg. v. Dr.-Ing. M. Schleicher. Mit 320 Abb., VIII u. 418 S. im Format 165 × 235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1936. Preis geb. 36 RM.

Das ausführliche Werk wird allen Anforderungen gerecht, die man im Schrifttum an ein so weit verzweigtes Thema stellen kann. Sowohl der Theoretiker als auch der Praktiker findet ein Nachschlagewerk vor, das ihm neuzeitliche Erkenntnisse verbunden mit bekannten Erscheinungen zu vermitteln vermag.

Die Namen der Mitarbeiter bürgen dafür, daß der von ihnen behandelte Stoff restlos ausgeschöpft ist und daß in den einzelnen Unterabschnitten all das gebracht wird, worüber man heute Meßmethoden und Forschungsergebnisse zu finden sucht.

Die Grundlagen der Schutztechnik wurden in mancher Hinsicht neu dargestellt, wobei in die Materie tiefer eingegangen wurde. Es gibt genügend zuverlässige Verfahren zur Kurzschlußstromberechnung, die in dem Werk angegeben werden; Schutzmaßnahmen gegen Kurz- und Erdschlüsse werden behandelt. Wichtig ist, Genaues über die verschiedenen Meßverfahren zur nachträglichen Feststellung eines Fehlerortes auf einer Leitung zu hören, und es ist ein besonderes Verdienst, daß die einzelnen Verfahren der Fehlermeldung und Fehlerbeseitigung einer Kritik unterzogen werden.

Dem Herausgeber ist es jedenfalls gelungen, bei der Vielseitigkeit des ganzen Stoffes in das Wesen der Sache einzudringen und das Wesentliche vom Unwesentlichen kritisch zu scheiden. Besonders anzuerkennen ist, daß jedem Techniker geläufige Darstellungs- und Rechnungsmethoden gewählt wurden. Das Werk zerfällt in zehn Abschnitte, die in übersichtlicher Weise einen Fragenkomplex behandeln, der sich auf moderne Selektivschutztechnik und die Methoden zur Fehlerortung in Hochspannungsanlagen bezieht. Für den projektierenden Ingenieur, vor allem aber für den Betriebsingenieur ist das Werk bestens zu empfehlen. A. Schmolz VDE.

Die Photozelle in der Technik. Von Dr. H. Geffcken u. Dr. H. Richter. 2. Aufl. Mit 71 Abb., 3 Tafeln u. 88 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1936. Preis geh. 2 RM.

Von dem in der ETZ 55 (1934) S. 948 besprochenen kleinen Werk ist eine zweite Auflage erschienen, von der das dort Gesagte unverändert gilt. Man darf auch dieser

Digitized by Google

zweiten Auflage eine weite und schnelle Verbreitung vorhersagen, ist diese kleine Schrift doch wie wenige geeignet, einem großen Leserkreis einen guten Überblick über die Ausführungsformen der Zellen, die Schaltungen und über ihre dauernd zunehmende Anwendung in der Technik zu geben. Lediglich das Fernsehen wird nicht behandelt, da es über den Rahmen des Buches hinausgehen würde. Die große Verbreitung des Werkes ist ohne Zweifel nicht zum geringsten Teil dem für die gute Ausstattung sehr mäßigen Preis zu danken. In dieser Beziehung kann das vorliegende Buch geradezu als vorbildlich gelten; Papier, Druck und Ausführung der zahlreichen Abbildungen lassen nichts zu wünschen übrig. W. Voege VDE.

Die Elektrizitäts-Wirtschaft im Deutschen Reich (Die Versorgungswirtschaft im Deutschen Reich) 1935. Aufbau, Entwicklung, Werke, Arbeits- u. Interessengebiete, Tochtergesellschaften u. Beteiligungen, Verträge u. Vereinbarungen, Statistik u. Finanzen d. staatl., kommun., gemischtwirtsch., priv. u. sonst. Unternehmungen der dt. Elektr.-Wirtsch. Herausg. v. d. Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung der Reichsgruppe Energiewirtschaft der deutschen Wirtschaft (WEV) Berlin. Mit VIII u. 810 S. im Format 200 × 265 mm. Verlag Hoppenstedt & Co., Berlin 1935. Preis geb. 50 RM.

Das vor zwei Jahren[1]) vom Verlag Hoppenstedt herausgegebene Buch „Die Elektrizitätswirtschaft im Deutschen Reich" ist im erweiterten Umfange von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung neu herausgegeben worden. Das Werk wird für diejenigen, die sich mittelbar oder unmittelbar mit Elektrizitätswirtschaft befassen, ein willkommenes Nachschlagewerk sein. Es gibt über dieses umfassende Wirtschaftsgebiet eine gute Übersicht, nicht nur in statistischer Hinsicht, sondern auch über die mitunter verwickelten Verhältnisse des finanziellen und wirtschaftlichen Aufbaues der deutschen Elektrizitätswirtschaft.

Das Buch zerfällt in zwei Teile. Im ersten Teil, bearbeitet von A. Friedrich, wird eingangs über den Umfang, Aufbau und Aufgabenbereich der Wirtschaftsgruppe selbst kurz berichtet. Hieran schließt sich eine elektrizitätswirtschaftliche Entwicklungsgeschichte und eine Übersicht über den technischen Entwicklungsstand der Elektrizitätsversorgung an. Auch die Kostenzusammensetzung und die Tarifformen werden kurz gestreift. Der nächste Abschnitt, der den finanziellen Aufbau der deutschen Elektrizitätswirtschaft beleuchtet, gibt gleichzeitig Auskunft über die Besitzverhältnisse der öffentlichen Elektrizitätswerke. Die deutschen Energievorräte werden ebenfalls einer Betrachtung unterzogen. Ein weiterer Abschnitt ist in gedrängter Darstellung der Elektrizitätsversorgung der Welt gewidmet. Den Schluß des ersten Teiles bildet eine Übersicht über die gebietsmäßige Gliederung der deutschen Elektrizitätswirtschaft gemäß der Einteilung Deutschlands in 15 Bezirksgruppen nach der WEV.

Der erste Abschnitt des zweiten Teiles behandelt die öffentlichen Elektrizitätswerke mit einer Jahreserzeugung von 1 Mill kWh an. Er bringt Angaben über Aufsichtsrat und Vorstand, Aufbau des Unternehmens, Besitzbeschreibung, Betriebsanlagen — mitunter lückenhaft —, Tochtergesellschaften, Beteiligungen und Stromlieferungsverträge. Diese Angaben werden bei den meisten Gesellschaften ergänzt durch Bemerkungen über Anleihen, Erzeugung, Absatz und Anschlußwert. Auch Zahlen über Anzahl der Beschäftigten sowie Gewinn- und Verlustrechnung und Bilanzen der letzten Geschäftsjahre vervollständigen das Bild. Schließlich ist noch im letzten Abschnitt in gedrängter Form das Wichtigste über kleinere und städtische Werke zusammengestellt.

B. Maring VDE.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Adreßbuch der elektrotechnischen Fabriken, Elektro- und Radio-Großhandlungen sowie der Elektro-Exporteure Deutschlands. Nach amtl. Quellen u. auf Grund direkter Angaben zusammengestellt. Mit einem Lieferantenverzeichnis und Bezugsquellennachweiser. Mit 225 S. im Format 160 × 230 mm. Verlag von Max Möhring, Leipzig 1936. Preis geb. 15 RM.

[Der Verlag Max Möhring hat das obige Adreßbuch der Elektroindustrie herausgegeben, das mit Unterstützung aller maßgebenden Fachverbände zustande gekommen ist. Der Hauptteil enthält ein Firmenverzeichnis über Elektro- und Radio-Großhandlungen, Elektroexporteure und Elektro-Einkaufsgenossenschaften, und zwar nach Städten geordnet. Ein besonderer Abschnitt ist den Reichswirtschaftsgruppen und Verbänden der Elektroindustrie gewidmet. Auch ein kleiner Bezugsquellennachweis ist diesem empfehlenswerten Buche beigegeben.]

Berufsbilder für Facharbeiterberufe in der Industrie. Herausg. v. Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen (Datsch) E. V., Berlin. Mit 56 S. im Format A 5. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1936. Preis kart. 0,95 RM.

DASD-Fibel. Wie werde ich Kurzwellenamateur? Herausg. i. Einvernehmen mit dem Rundfunkamt der Reichsjugendführung vom Deutschen Amateur-Sende- und -Empfangsdienst e. V. Von R. Wigand. Mit IV u. 99 Abb. u. 124 S. im Format A 5. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1936. Preis kart. 2 RM; f. Mitgl. d. DASD 1,30 RM.

Cathode ray oscillography. Von Prof. J. T. MacGregor-Morris u. J. A. Henley. (Monographs on electrical engineering. Herausg. v. H. P. Young. Bd. 2.) Mit XIII, 151 Abb. u. 249 S. im Format 145 × 225 mm. Verlag Chapman & Hall, Ltd., London 1936. Preis geb. 21 sh.

Eingegangene Doktordissertationen.

Jakob Müller, Über Mikrowellen als Raumladeoberschwingungen. Eidgen. T. H. Zürich 1935.

Anton Német, Untersuchung über Strukturänderung der Kristalle im elektrischen Feld. Eidgen. T. H. Zürich 1935. 1935.

Paul-Gerhardt Violet, Strahlungs- und Reflexionsprobleme der drahtlosen Telegraphie. T. H. Berlin 1935.

Konrad Menny, Die wirtschaftliche Bemessung städtischer Drehstrom-Niederspannungsmaschennetze. T. H. Hannover 1935.

Carlos Ferrer Moncada, Die Selbsterregung von Asynchrongeneratoren. Eidgen. T. H. Zürich 1935.

Theodor-Wilhelm Schmidt, Entwicklung eines lichtelektrischen Kolorimeters. (Sonderdr. aus Z. Instrumentenkde. 1935, H. 8 u. 9.) T. H. Berlin 1934.

Günter Siemens, Erdmagnetische Untersuchung der Elbtalzone zwischen Torgau und Dresden. (Erschien als H. 7 der „Beiträge z. physikal. Erforsch. d. Erdrinde".) T. H. Berlin 1934.

Hans-Wolf Stawski, Die elektromagnetischen Feldgleichungen der Synchronmaschinen in ihrer Anwendung auf den stationären und pendelnden Zustand. T. H. Berlin 1935.

Johannes Strauß, Über die Eigenschwingungen eines starren Körpers mit mehreren Freiheitsgraden nebst Anwendungen auf Fahrzeugaufbauten. T. H. Berlin 1934.

Samson Syman, Gesetzmäßigkeiten beim Ausfall von Telegraphenstangen infolge Fäulnis. T. H. Berlin 1935.

Walter Vandersee, Untersuchungen zur Frage des Verformungsbereichs bei Warmverformung. T. H. Berlin 1935.

Hans Balke, Theoretische Untersuchungen und praktische Versuche an der selbsttätigen Mittelpuffer-Kupplung, Bauart Willison. T. H. Hannover 1935.

Hans Goldschmidt, Die Formen der Selbstkostenrechnungen industrieller Betriebe. T. H. Berlin 1935.

Karl-Alfred Henney, Der Ausbreitungswiderstand von Starkstromerdern in Abhängigkeit von Bodenbeschaffenheit und Witterung. T. H. Berlin 1935.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

[1]) Siehe ETZ 55 (1934) S. 707.

Abschluß des Heftes: 31. Juli 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 13. August 1936 | Heft 33

Großgleichrichter ohne Vakuumpumpe.

Von Walter Dällenbach und Eduard Gerecke, Berlin.

621. 314. 651. 2

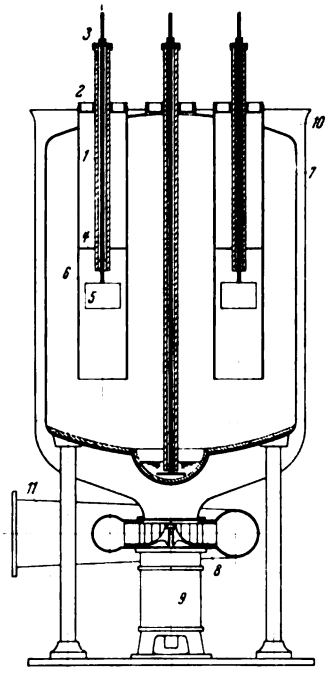
Übersicht. Anschließend an einen früheren Aufsatz [ETZ 55 (1934) S. 85] wird über weitere Ergebnisse von Entwicklungsarbeiten betreffend Großgleichrichter ohne Vakuumpumpe berichtet*).

In einer früheren Mitteilung[1]), in der Folge als Teil I angeführt, hat der eine von uns über vakuumtechnische Untersuchungen betreffend Großgleichrichter ohne Vakuumpumpe berichtet. Als wesentliche Momente wurden aufgeführt:

1. Anwendung eines chemischen Verfahrens für die Dichtigkeitsprüfung,
2. Elektrodeneinführungen, insbesondere Glasmetallverschmelzungen, welche eine Entgasung bei einer Temperatur von mehreren 100 ° C zulassen,
3. Kühlung mit einer von Wasserstoffionen freien Flüssigkeit, da es sich gezeigt hat, daß Wasserstoff aus dem Kühlwasser durch die Gefäßwandungen hindurchdiffundiert, den für störungsfreie Arbeitsweise erforderlichen Entgasungszustand beeinträchtigt und den pumpenlosen Betrieb unmöglich macht[2]).

Im folgenden berichten wir über weitere Entwicklungsarbeiten an Gleichrichtergefäßen, welche auf der in Teil I beschriebenen Vakuumtechnik aufbauen.

Die Elektrodeneinführung konnte durch Anwendung eines Glas- oder Emailleflusses als vakuumdichte Verbindung zwischen einem keramischen Rohr *1* (Abb. 1) und den nachgiebigen Metallmembranen *2* und *3* erheblich vereinfacht werden. Die Scheibe *4* dient zur Abstützung des keramischen Rohres und somit der Elektrode *5* gegen das Schutzrohr *6* und verhindert für die Membran *2* unzulässige seitliche Auslenkungen der Elektrode. Die bei Glasmetallverschmelzungen gegen innere Überschläge erforderlichen Schutzzylinder (vgl. Teil I) können bei der neuen Stromeinführung wegfallen, ebenfalls eine außerhalb des Vakuumgefäßes angeordnete besondere Tragvorrichtung für die Elektrode.



1 keramisches Rohr
2, *3* Metallmembran
4 Stützblech
5 Anode
6 Anodenschutzrohr
7 Gefäßwand
8 Lüfterrad
9 Motor
10 Lufteintritt
11 Luftaustritt

Abb. 1. Schnitt durch einen Gleichrichter, 200 A, 600 V.

In Versuchen, welche sich insgesamt über mehrere Monate erstreckten, zeigte sich wider Erwarten, daß außer bei Kühlung mit einer von Wasserstoffionen freien Flüssigkeit pumpenloser Betrieb auch möglich ist bei unmittelbarer Kühlung mit atmosphärischer Luft. Bekanntlich sitzt an der Oberfläche von Metallwandungen eine mehrere Moleküldurchmesser dicke Schicht von Wasserdampf, welche auf der Vakuumseite durch Entgasen bei Temperaturen von mindestens 200 ° entfernt wird. Man wird erwarten, daß die Wassermoleküle in dieser Schicht in relativ etwa gleicher Anzahl dissoziiert sind wie in flüssigem Wasser, also eine entsprechende Diffusion von Wasserstoffionen zur Folge haben wie bei Wasserkühlung. Denn wird durch ein Gebläse immer wieder frische atmosphärische Luft an der Gefäßwandung vorbeigeführt, so findet aus dem Wasserdampf der Atmosphäre eine bei weitem ausreichende Nachlieferung von Wassermolekülen an die Metallwand statt. Wieso also bei unmittelbarer Kühlung mit atmosphärischer Luft im Gegensatz zur Wasserkühlung keine den Entgasungszustand des Gefäßes beeinträchtigende

*) Nach einem Vortrag in der akademischen Diskussionsversammlung am 23. 5. 1936 an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich über „Fortschritte und Erfahrungen im Gleichrichterbau".

[1]) W. Dällenbach, ETZ 55 (1934) S. 85.

[2]) Unsere damaligen Messungen und die Bedeutung der Wasserstoffdiffusion für den Betrieb von Gleichrichtern sind an einer Stelle im Schrifttum bezweifelt worden. Inzwischen wurden aber unsere Versuche im Physikalisch-chemischen Institut der Universität Berlin unter Leitung von Herrn Prof. Bodenstein wiederholt. Herr Prof. Bodenstein schreibt in diesem Zusammenhang:

„Die Versuche wurden mit nahtlosen Stahlrohren von 50 mm Dmr. ausgeführt. Diese Rohre sind zunächst an der Pumpe ausgeheizt, hierauf gegen die Pumpe abgeschlossen in Luft von 95 ° als gasdicht befunden und dann in Wasser von 95 ° getaucht worden. Wir beobachteten genau den gleichen Verlauf der Druckzunahme wie in der Mitteilung Dällenbach ETZ 55 (1934) S. 85 angegeben ist. Zunächst einige Minuten Inkubationszeit, dann wachsende Geschwindigkeit der Druckzunahme und schließlich ein Stationärwerden derselben. Die Höhe des stationären Wertes war die gleiche wie bei Dällenbach, und zwar sehr genau, obschon die Wandstärke unserer Rohre 1,5 mm, die der seinigen 5 mm betrug. Wir haben die Druckzunahme auch über mehrere Tage verfolgt und sind bis 8 Torr (bei 2000 cm² Fläche und 1747 cm³ Volumen) einmal in 6, einmal in 4 Tagen gekommen — ohne daß ein Ende der Druckzunahme abzusehen gewesen wäre." Wir haben also trotz der großen Zahl weiterer Beobachtungen, welche seit der Veröffentlichung von Teil I bei uns vorliegen, keine Veranlassung, Berichtigungen an den damals mitgeteilten Ergebnissen und Überlegungen vorzunehmen.

Digitized by Google

Diffusion von Wasserstoffionen eintritt, ist noch ungeklärt und muß mit besonderen noch unerkannten Vorgängen in der adsorbierten Wasserhaut zusammenhängen.

Abb. 1 zeigt einen Schnitt und Abb. 2 eine Ansicht eines Gleichrichtergefäßes für 200 A Gleichstrom bei 600 V Gleichspannung mit unmittelbarer Kühlung durch atmosphärische Luft. Um dem Satz eine möglichst geringe Grundfläche zu geben, sind Vakuumgefäß und Lüfter zu einer Einheit vereinigt. In Abb. 1 ist *7* das Vakuumgefäß, *8* das Laufrad des Lüfters, *9* der Antriebsmotor. Die Kühlluft wird bei *10* angesaugt und bei *11* ausgestoßen.

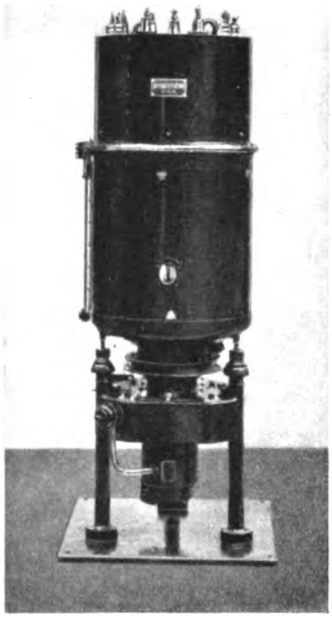


Abb. 2. Ansicht eines Gleichrichters ohne Vakuumpumpe, 200 A, 600 V.

Vergleich zwischen Vakuumgefäßen aus Metall und solchen aus Glas. Entladungsgefäße aus Metall, insbesondere aus Eisen, haben gegenüber Gefäßen aus Glas die Vorteile der Unzerbrechlichkeit und der Erreichbarkeit höherer Stromstärken. Ferner zeigt es sich, daß Metallwände vakuumtechnisch sich günstiger verhalten als Glaswände. Wandungen aus Eisen sind nämlich nicht nur für aus dem Kühlwasser stammende Wasserstoffionen durchlässig, sondern auch für Wasserstoffionen, welche aus irgendwelchen Gründen im Innern des Vakuumgefäßes vorhanden sind. Bekanntlich geben Elektroden und Glaswände auch nach sorgfältiger Entgasung Spuren von Wasserstoff ab. Wie Versuche gezeigt haben, genügen geringe Mengen von Wasserstoff, um den Lichtbogenabfall in empfindlicher Weise zu erhöhen. Die Folge davon sind unzulässige Erwärmungen der Anoden, Rückzündungen, Bruch des Glasgefäßes. Die Glasgleichrichter versagen schließlich wegen zunehmender Verschlechterung des Vakuums durch Wasserstoff. Bei Gefäßen mit Metallwänden dagegen wird ins Vakuum abgegebener Wasserstoff durch die Entladung ionisiert und entweicht nach außen.

Abb. 3 zeigt zwei vollkommen gleich gebaute einanodige Gleichrichtergefäße mit Quecksilberkathode unten und Anode aus vakuumgeschmolzenem Eisen oben, die sich nur dadurch unterscheiden, daß der zylindrische Rohrabschnitt in der Mitte des Gefäßes bei dem einen (links) aus Glas, bei dem anderen (rechts) aus Eisen besteht, während alle übrigen Teile der Wandungen bei beiden Gefäßen aus Glas hergestellt sind. Diese beiden Gefäße verhalten sich beim Einführen von Wasserstoff grundlegend verschieden. Sowohl die Glas- wie die Metallröhre sind mit Unterbrechungen während insgesamt je 45 Brennstunden mit ein und derselben Gleichstromstärke belastet worden. Während der Belastung wurde in kleinen Mengen Wasserstoff eingeführt und der Lichtbogenabfall sowie der Gasdruck in Abhängigkeit von der Brennstundenzahl beobachtet. Aus der eingeführten Wasserstoffmenge und dem Verlauf des Gasdruckes bei abgeschalteter kalter Röhre konnte die durch die Entladung bewirkte Gasaufzehrung bestimmt werden. Wie die Abb. 4 und 5 zeigen, geht die Aufzehrung des Wasserstoffes in der Metallröhre ganz erheblich besser vor sich als in der Glasröhre. Obschon der Metallröhre je Brennstunde etwa die dreifache Wasserstoffmenge zugeführt wurde wie der Glasröhre, erreichte der Gasdruck im abgeschalteten und kalten Zustand bei der Metallröhre höchstens 0,008 Torr, während in der Glasröhre der Druck bis auf 0,041 Torr anstieg. Entsprechend verhält sich der Lichtbogenabfall, der im entgasten Zustand 30 V betrug, bei der Metallröhre sich zwischen 30 und 40 V, bei der Glasröhre zwischen 45 und 75 V bewegte. Unmittelbar nach plötzlicher Zufuhr einer besonders großen Wasserstoffmenge stieg der Druck in der Glasröhre kurzzeitig auf 97 V, während er bei der Zufuhr der 4,8fachen Menge in der Metallröhre nur 55 V erreichte. Ferner zeigte die Anode der Glasröhre Schmelzstellen, dagegen waren an der Anode der Metallröhre Schäden nicht zu beobachten. Während der insgesamt 45 Brennstunden ist der Metallröhre eine Wasserstoffmenge von 2,49 Torr-Liter (20 ° C) entsprechend einem Gasdruck von 0,65 Torr, der Glasröhre aber nur eine Wasserstoffmenge von 0,80 Torr-Liter (20 ° C) entsprechend einem Gasdruck von 0,21 Torr zugeführt worden. Bei der Glasröhre wird der Wasserstoff zum großen Teil von der Quecksilberkathode aufgenommen und z. T. wieder abgegeben, wie aus etwa 20 im Kathodenquecksilber beobachteten Gasblasen geschlossen werden kann. An der Kathode der Metallröhre dagegen konnten weder Gasblasen noch irgendwelche anderen ungewöhnlichen Erscheinungen festgestellt werden. Bei der Metallröhre entweicht der ionisierte Wasserstoff zum großen Teil sofort und nach einiger Zeit vollständig durch die Metallwand ins Freie, während beim Glasrohr eine entsprechende Möglichkeit nicht besteht.

Diese Versuche zeigen die Überlegenheit von Entladungsgefäßen aus Metall gegenüber Entladungsgefäßen aus Glas von einer neuen Seite, so daß, nachdem nun auch bei Metallgefäßen der pumpenlose Betrieb durchführbar ist, mit einer Verdrängung der Glasgefäße in Gebieten gerechnet werden kann, wo sie bisher wettbewerbslos Anwendung fanden.

Weitere Fortschritte im Gleichrichterbau, über welche hier berichtet werden soll, betreffen nicht die Vakuumtechnik, sondern die Beeinflussung der Gasentladung und des Quecksilberdampfdruckes im Gleichrichtergefäß. — Langmuir und Mott-Smith[3]) haben erstmals untersucht, was für Erscheinungen eintreten, wenn in verdünntem Quecksilberdampf die Stromdichte der Gasentladung bis zu nahezu vollständiger Ionisation des Gases gesteigert wird. Bei Stromdurchgang durch eine lange und enge Quarzkapillare erreichten sie nach ihren Messungen und Rechnungen einen Ionisationsgrad von 20 %. Oberhalb dieses Zustandes beobachteten sie eine kritische Stromstärke, bei welcher der Spannungsabfall über die Röhre auf mehrere hundert Volt anstieg und bei welcher heftige elektrische Sprungwellen (surges) auftraten, die zwischen den Klemmen einer in Reihe mit der Entladung geschalteten Drosselspule Überschläge verursachten; dabei glühte die innere Oberfläche der Quarzkapillare auf.

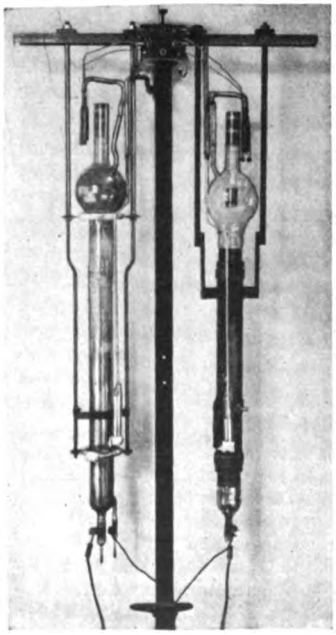


Abb. 3. Versuchsanordnung (Glas- und Metallrohr) zum Vergleich von Glas- und Eisengleichrichtern.

[3]) Gen. electr. Rev. 27 (1924) insbesondere S. 770 u. 771.

Digitized by Google

Hull und Brown[4]) haben die Bedeutung dieser Erscheinungen für die Quecksilberdampf-Gleichrichter im einzelnen untersucht und unter anderem folgende Tatsachen festgestellt:

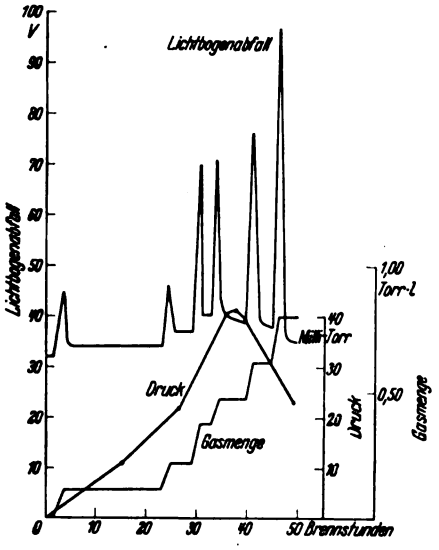


Abb. 4. Wasserstoffaufzehrung bei Glasrohr.

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter hat in der Stromstärke eine wohl definierte und einwandfrei wiederholbare Belastungsgrenze. Bei deren Erreichen zeigen sich folgende Erscheinungen:

a) Der Lichtbogenabfall steigt steil an;

b) gewöhnlich treten in Verbindung damit Überspannungen auf, welche Überschläge der Isolatoren zur Folge haben können. Hull und Brown führen diese Überspannungen auf Sprungwellen (surges) zurück, verursacht durch den steilen Anstieg des Lichtbogenabfalles. Diese Sprungwellen sollen Schwingungen des Transformatorsystems erregen.

c) Es treten Rückzündungen auf.

Diese Belastungsgrenze liegt um so höher, je höher die Quecksilberdampfdichte im Anodenraum, also auch je höher die Gefäßtemperatur gewählt wird. Auf das Bestehen dieser Belastungsgrenze und ihrer Temperaturabhängigkeit ist es zurückzuführen, daß sowohl die von der IEC[5]) als auch vom VDE[6]) aufgestellten Regeln für die Prüfung von Stromrichtern Überlastungen bei kaltem Gleichrichter nicht vorschreiben, sondern festlegen, daß Überlastungen im Anschluß an Dauernennlast, also in betriebswarmem Zustand des Gerätes, vorgenommen werden dürfen. Diesen Regeln liegt die dem Gleichrichterfachmann seit langem geläufige Erfahrung zugrunde, daß kalte Gleichrichterzylinder selbst beim Einschalten auf Teillast Überspannungen und Rückzündungen zeigen können.

Zum gleichen Erscheinungsbereich gehören die Überspannungen, auf welche Ingenieure von Bahngesellschaften hingewiesen haben, als sie die Frage aufwarfen, ob bei Fahrdrahtspeisung aus Gleichrichtern eine Verstärkung der Leitungsisolation erforderlich sei. Hierüber haben Untersuchungen stattgefunden mit dem Ergebnis, daß im Gleichstromkreis Überspannungen verhältnismäßig unbedeutend und Verstärkungen der Fahrdrahtisolation usw. also nicht erforderlich seien. Die Ursache der behaupteten Überspannungen konnte in jenen Untersuchungen nicht geklärt werden[7]). Es fehlt im Bericht über diese Versuche auch jede Angabe über die Temperatur der Gleichrichtergefäße, woraus geschlossen werden kann, daß deren Bedeutung für die Frage der Überspannungen nicht berücksichtigt worden ist.

Hull und Brown nehmen nun im Anschluß an Langmuir und Mott-Smith an, daß die fragliche Belastungsgrenze verbunden sei mit einer angenähert vollständigen Ionisation des gesamten Gases im Innern der Anodenarme. Der höchste Belastungsstrom sei der Strom, bei welchem sämtliche Quecksilberatome ausgenutzt werden als Ionen für die Neutralisation der Elektronenraumladung. Im Widerspruch dazu steht, daß Hull und Brown bereits bei einem Ionisationsgrad wenig oberhalb von 4 %[8]) störende Instabilitäten erhalten haben, während an einer anderen Stelle[9]) Hull von 50 % spricht.

Unsere Versuche bestätigen die Beobachtungen von Hull und Brown, führen jedoch zu einer abweichenden Erklärung: Eine auch nur angenähert vollständige Ionisation des Gases ist nicht anzunehmen. Es genügt, daß in gewissen, wenn auch räumlich sehr eng begrenzten Zonen der Gasentladung der Ionenstrom mit dem Diffusionsstrom der neutralen Gasteilchen vergleichbar wird, um räumlich eng begrenzte Dichteschwankungen hervorzurufen, die den steilen Anstieg des Lichtbogenabfalls bedingen und welche auch erklären, wieso die Ursache der beobachteten Überspannungen hochfrequente Schwingungen sind, deren wesentliche frequenzbestimmende Faktoren nicht in einem durch Sprungwellen erregten Transformatorsystem, sondern in der Gasentladung selbst zu suchen sind. — Diese Auffassungen erwiesen sich in verschiedenen Richtungen als fruchtbar.

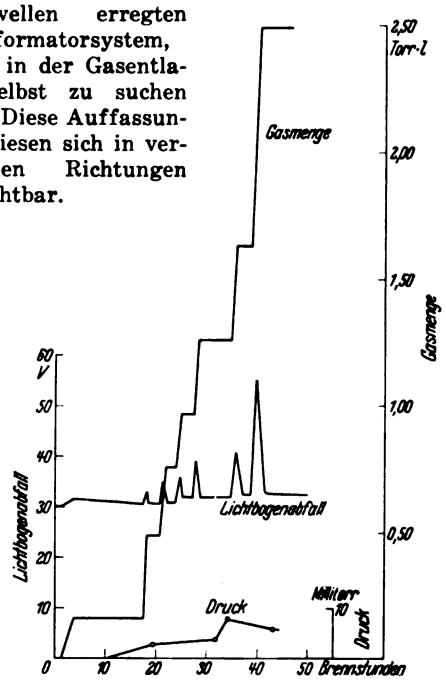


Abb. 5. Wasserstoffaufzehrung bei Metallrohr.

1. Es gelingt, Lichtbogenkennlinien aufzunehmen wie in Abb. 6, ohne daß dabei Überspannungen auftreten. Die benutzte Einrichtung eignet sich unter anderem ähnlich wie das früher beschriebene Streustrahl-Vakuummeter[10]) als sogenannter Grenzstrommesser zur Überwachung des Quecksilberdampfdruckes. Die bisher verwendeten Hitzdraht-Vakuummeter sind bei vakuumtechnisch einwandfreier Herstellung der Gefäße überflüssig. Dagegen ist ein einfaches und robustes Instrument zur Überwachung des Quecksilberdampfdruckes von Wert. Der Grenzstrommesser ist dem Betrieb des Quecksilberdampf-Gleichrichters insofern besonders angepaßt, als er die für den Be-

[4]) Hull u. Brown, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 50 (1931) S. 744. Vgl. a. J. Amer. Inst. electr. Engr. 50 (1931) S. 788 u. 53 (1934) S. 1435.

[5]) International Electrotechnical Commission Central Office, Mitteilung vom 19. 8. 1935 an die nationalen Komitees.

[6]) Entwurf VDE 0555: ETZ 57 (1936) S. 75.

[7]) IEC, Dokument 9 (Schweiz) 104, 105 u. 106.

[8]) Hull u. Brown, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 50 (1931) S. 750.

[9]) Hull, J. Amer. Inst. electr. Engr. 53 (1934) S. 1442.

[10]) W. Dällenbach, ETZ 55 (1934) S. 440.

Digitized by Google

trieb wichtige Strombelastungsgrenze unmittelbar anzeigt.

2. Die im wesentlichen durch die Gasentladung erzeugten Schwingungen erlauben den Bau eines neuartigen Hochfrequenzgenerators.

3. Endlich ist es möglich, einer unausgesprochen in der Arbeit von Hull und Brown enthaltenen und für die weitere Entwicklung der Gasentladungsgefäße bedeutsamen Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen. Hull und Brown sehen nämlich die Möglichkeit des Parallelbetriebes von Anoden oder der gleichmäßigen Stromverteilung über den Querschnitt einer einzelnen Anode in der Annäherung an den Zustand vollständiger Ionisation. Anderseits sind mit dieser Annäherung erfahrungsgemäß Störungen verbunden, die eine unbedingt zu beachtende Grenze der Belastbarkeit darstellen. Diese Verhältnisse widersprechen

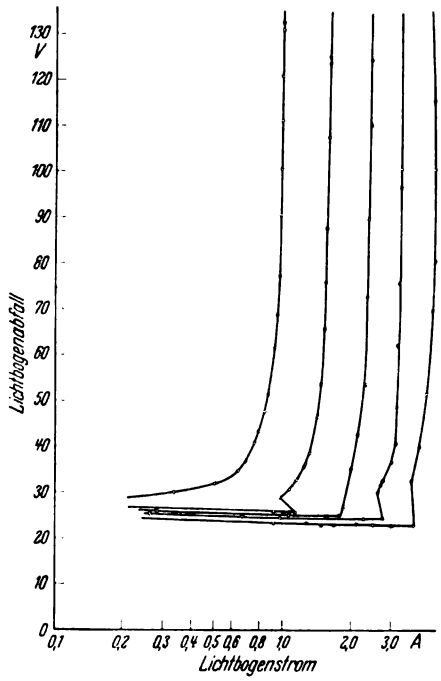


Abb. 6. Strom-Spannungs-Kennlinien des Grenzstrommessers.

der für die Konstruktion von Gasentladungsgeräten maßgeblichen Forderung, daß Parallelbetrieb von Anoden und gleichmäßige Stromverteilung über den Querschnitt einer einzelnen Anode weit unterhalb der Nennstromstärke gewährleistet sein müssen, anderseits aber das Gerät, ohne Auftreten von hochfrequenten Schwingungen, Überspannungen und Rückzündungen, überlastbar sein soll bis zu Kurzschlußstromstärken, die ein Vielfaches der Nennstromstärke betragen. Der kleine Stromrichter für 200 A und 600 V (Abb. 2) erfüllt diese Forderungen. Er zeigt in vollkommen kaltem Zustand beispielsweise bei der 3,5fachen Nennlast, also 700 A, einen Scheitelwert des Lichtbogenabfalls von nur 26 V, natürlich ohne daß damit irgendeine Grenze der Überlastbarkeit gegeben wäre. Der Lichtbogenabfall bei Nennlast beträgt 19 V. Die Quecksilberdampf-Gleichrichter von vorliegender Bauart können nun auch als Freilufttypen aufgestellt werden. Wir beabsichtigen, in späteren Veröffentlichungen auf diese Fortschritte näher einzugehen[11]).

[11]) Wir möchten schließlich nicht versäumen, unseren Mitarbeitern, den Herren Gustav Oesch und Rudolf Surber, für die Durchführung zahlreicher Meßreihen und den beiden Firmen Julius Pintsch AG., Berlin, und S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf, welche die Untersuchungen geldlich ermöglicht haben, herzlich zu danken.

Zusammenfassung.

Unsere früheren Messungen über Wasserstoffdiffusion bei Vakuumgefäßen aus Eisen werden bestätigt. Ein Gleichrichter für 200 A bei 600 V mit Vakuumgefäß aus Eisen, ohne Vakuumpumpe und mit unmittelbarer Luftkühlung wird beschrieben. Der Gleichrichter ist auch im kalten Zustand überlastbar und kann als Freilufttype gebaut werden.

Theorie des mit Trockengleichrichtern arbeitenden Impulsmessers der Nachrichtentechnik.

621. 317. 089. 6. 001. 2 : 621. 39

Das Ziel einer Arbeit von Bauer und Spenke[1]) besteht darin, Grundlagen für die Bemessung eines Impulsmessers, der mit Trockengleichrichtern arbeitet, zu schaffen. Eine solche Theorie hat also die Bewegung des Instrumentenzeigers in Abhängigkeit von der Zeit t zu ermitteln, wenn der zeitliche Verlauf der EMK E des Impulses gegeben ist. Es kann dabei angenommen werden, daß der Gleichspannungsverstärker des Impulsmessers linear und trägheitslos arbeitet. Dann ist die das Instrument im Anodenkreis betätigende Kraft einfach proportional der am Kondensator erzeugten Spannung u, und die gesamte Aufgabe zerfällt in zwei Teile. Erstens muß die am Kondensator erzeugte Spannung u als Funktion der Zeit t aus dem zeitlichen Verlauf von $E\,(t)$ ermittelt werden. Zweitens ist die Bewegung des Instrumentenzeigers bei gegebenem zeitlichen Verlauf der betätigenden Kraft zu berechnen. Die zweite Aufgabe ist aus der Mechanik wohl bekannt und in bezug auf ihre Lösung kann auf das Schrifttum verwiesen werden. Für die Lösung der ersten Aufgabe wird die Differentialgleichung für die nichtstationären Vorgänge im Kondensatorgleichrichterkreis aufgestellt, wobei die Strom-Spannungs-Kennlinie der Trockengleichrichter durch einen bekannten Exponentialansatz angenähert wird. Die Integration dieser Differentialgleichung gelingt bei beliebigem zeitlichen Verlauf von $E\,(t)$. Das Ergebnis ist allerdings zunächst noch unanschaulich. Um sich eine Grundlage für das weitere Vorgehen zu schaffen, wird die Spannung u am Kondensator zunächst für einige Perioden unter Annahme eines rein sinusförmigen Wechselimpulses $E \sin 2\pi f t$ numerisch berechnet. Es ergibt sich in Übereinstimmung mit anschaulichen Überlegungen, daß man sich u aus einem gleichmäßig mit der Zeit t ansteigenden Anteil und aus darüber gelagerten Wechselspannungszacken zusammengesetzt denken kann. Der erste Teil, der mit „Kondensator-Gleichspannung $u_{=}$" bezeichnet wird, ist für das vorliegende Problem allein wesentlich, denn das Instrument im Anodenkreis wird wegen seiner mechanischen Trägheit von den Wechselspannungszacken gar nicht beeinflußt. Es entsteht also jetzt die Aufgabe, den zeitlichen Verlauf der „Gleichspannung" $u_{=}(t)$ darzustellen, was tatsächlich explizit durch sehr einfache Formeln gelingt, wenn als Parameter die stationäre Endgleichspannung $u_{=}(\infty)$ verwendet wird. Die Abhängigkeit dieser stationären Endgleichspannung $u_{=}(\infty)$ von der Amplitude E des Wechselimpulses kann für Frequenzen über 30 Hz ebenfalls explizit berechnet werden.

Die Arbeit berichtet im weiteren über Versuche, die zur Prüfung der Theorie angestellt wurden. Sie bestehen in der oszillographischen Aufnahme von Auf- und Entladevorgängen eines Kondensators, der in einer Ein- oder Doppelwegschaltung von Trockengleichrichtern liegt. Die erzielte Übereinstimmung zwischen Rechnung und Versuch ist befriedigend. Die vorhandenen Abweichungen erklären sich zwanglos durch den Unterschied zwischen der tatsächlichen Kennlinie der verwendeten Gleichrichter und der annäherungsweise zugrunde gelegten Exponentialfunktion. *Vb.*

[1]) R. Bauer u. E. Spenke, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 15 (1936) H. 2, S. 64.

Digitized by Google

Aufbau, Betrieb und Verwendungsbereiche der elektrisch geheizten Industrieöfen.

Von Ernst Schmidt, Berlin.

621. 364. 6

Übersicht. An ausgewählten Einzelbeispielen werden Lichtbogen-, Ajax-Wyatt-, Hochfrequenz- und Widerstandsöfen eingehend behandelt und insbesondere die an diesen Öfen in den letzten Jahren durchgeführten Neuerungen besprochen*).

Bei Behandlung der Lichtbogenöfen an dieser Stelle[1]) wurde schon die Möglichkeit der Beschickung mit Greifern bei mit verfahrbaren Deckeln oder Gefäßen ausgerüsteten Öfen erwähnt. Eine vielfach benutzte Korbbeschickung ist mit Abb. 1 wiedergegeben. Der gesamte Einsatz wird in einem eisernen Korb, der ungefähr die Form des Ofeninnern hat, außerhalb des Ofens in nach Lage und Stückgröße für den Betrieb zweckmäßiger Verteilung chargiert und mit Hilfe eines geeigneten Geschirres in den Ofen gebracht. Der Korb ist so ausgebildet, daß er unten von einer Hanfschnur zusammengehalten werden kann. Diese verbrennt nach Einsetzen in den heißen Ofen, worauf sich der Korb unten von selbst öffnet. Der Schrott bleibt nach Hochziehen des Geschirres im Ofen. Er behält die günstige Verteilung, die er bereits im Korbe hatte, bei, und Deckel oder Gefäß können ungehindert wieder in Arbeitsstellung gebracht werden. Der Korb wird zurückgefahren und steht, nachdem er mit neuem Einsatzmaterial versehen ist, für die nächste Charge zur Verfügung. Lange Haltbarkeit der Ofenzustellungen, geringer Arbeitsverbrauch, Erhöhung der Benutzungsdauer, sicheres Schmelzen und gute Ausnutzung ergeben sich als unmittelbare Vorteile der Beschickungszeiten von wenigen Minuten.

Abb. 1. Elektrostahlofen mit ausgefahrenem Deckel nach Beschickung.

Die Induktionsöfen nach dem System Ajax-Wyatt werden heute nicht mehr lediglich zur Herstellung von Messing benutzt, sondern werden auch mit besonderem Vorteil zum Schmelzen von Zink und zur Herstellung von Reinkupfer verwendet. Während man früher auch nur Öfen für einphasigen Anschluß mit einer senkrechten, V-förmigen Schmelzrinne kannte, gibt es heute solche, bei denen die Heizrinne andere Lagen und Formen hat. Auch Öfen mit mehreren Rinnen und mehrphasigen Schaltungen haben sich eingeführt.

Von den Hochfrequenzöfen sei die in Abb. 2 gezeigte, seit einigen Jahren übliche Bauform besprochen. Der Arbeitsherd ist ein fester Tiegel ohne besondere Heizrinnen. Um den Tiegel liegt ein flachgedrücktes Kupferrohr in Schraubenform. Durch das Kupferrohr fließt zur Kühlung während des Betriebes ständig Wasser. Nach außen wird die Induktionswirkung der Spule durch einen geschlossenen Kupfermantel abgeschirmt, der den Ofen zu einem festen Kessel macht, in dem auch die Spulen durch radiale Versteifungen allseitig abgestützt und gegen ein Verschieben während des Vergießens gesichert sind. So sind aus den ersten Prüffeldöfen von einigen kg Fassung, die noch von einem Holzgerüst gehalten waren, allen hüttenmännischen Anforderungen genügende Betriebsöfen bis zu 8 t Tiegelinhalt geworden. Bei einem in Abb. 3 wiedergegebenen kleinen 15 kVA-Ofen, in Arbeits- und in Kippstellung, kommt ganz besonders die neuartige, kesselförmige Bauart zum Ausdruck.

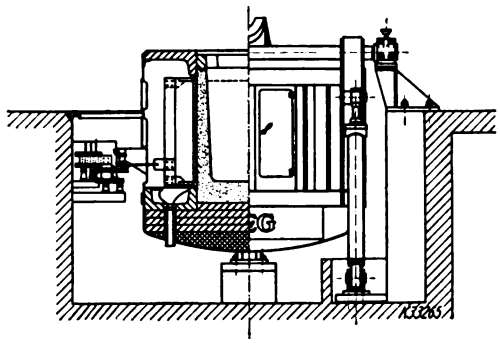


Abb. 2. Hochfrequenzofen für 5 t Stahl.

Bei Widerstandsöfen haben sich unter Anwendung einer fortgeschrittenen Schweißtechnik Bauformen entwickelt, die es gestatten, sie fertig ausgemauert vom Hersteller bis zum Verwendungsplatz zu bringen bis zu Größen und Gewichten, die nur durch die Transportmittel begrenzt sind. Bemerkenswert ist bei derartigen Ausführungen die wannenförmige Form des geschweißten Gehäuses. Dieses

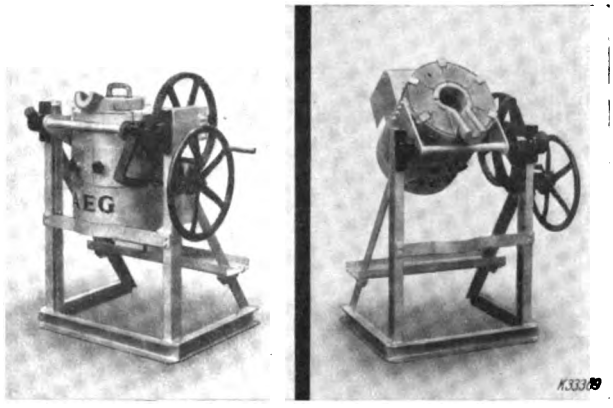


Abb. 3. Hochfrequenzofen für 20 kg Stahl.

*) Nach einem Vortrag vor dem VDE Gau Hansa am 18. 3. 1936. Siehe auch S. 958 dieses Heftes.

[1]) C. T. Buff, ETZ 56 (1935) S. 1147, 1192 u. 1221.

Digitized by Google

ist dadurch kräftig genug, um alle Stoß- und sonstigen Formänderungs-Beanspruchungen während der Beförderung von der Ausmauerung fern zu halten. Mit dieser Bauart ist noch der weitere Vorteil verknüpft, daß der fertig ausgemauerte und ausgerüstete Ofen vor Versand mit aller Sorgfalt durchgeprüft werden kann, so daß die

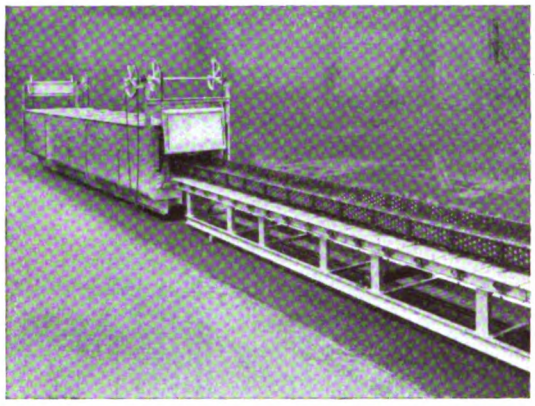


Abb. 4. Rohr-Glühkammerofen 8000×375×800 mm, 1000 °, 240 kW.

Erfahrungen und Hilfsmittel des Lieferwerkes besser ausgenutzt werden als unter den erschwerenden Umständen eines Zusammenbaues an Ort und Stelle, der überdies noch den übrigen Betrieb belästigende Staub- und Schmutzbildung verursacht.

Aus der Grundform haben sich die Sonderöfen entwickelt. Von diesen sei zunächst auf solche mit langgestreckten Glühräumen mit vorderseitigen Beschickungs- und rückseitigen Entnahmetüren verwiesen. Die Anlage in Abb. 4 ist zusätzlich mit einem Beschickungsgestell an der Vorderseite und einem Entnahmegestell an der Rückseite versehen. Auf dem Gestell gleiten die zur Aufnahme von Stangen und Rohren erforderlichen muldenartigen Beschickungskörbe aus hitzebeständigem Baustoff, mit Schienenführungen versehen, über Rollenbahnen, während sie im Ofen auf Schienen als Schlitten gleiten. Das Heraus-

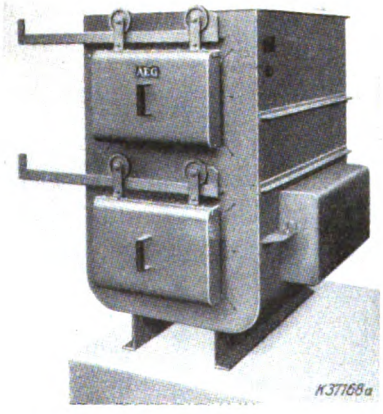


Abb 5. Doppelkammerofen für 950 bzw. 1350 °.

oder Hereinziehen der Körbe in der einen oder anderen Richtung erfolgt hierbei durch eine motorisch betätigte Winde vor dem Beschickungsgestell oder eine weitere hinter dem Entnahmegestell.

Da die für die Erwärmung von Schnellstahl in Frage kommenden Hochtemperaturöfen einen Vorwärmeofen benötigen, sieht man hierfür einheitliche Anlagen mit übereinander gebauten Vorwärme- und Enderwärmungskammern vor. Der Ofen in Abb. 5 hat z. B. unten die mit Silitstäben geheizte Enderwärmungskammer für 1350 ° und oben den mit Chromnickel-Heizkörpern ausgerüsteten Vorwärmeraum für 950 °.

Schachtöfen gibt es mit Nutztiefen bis zu 8000 mm und Anschlußwerten von 500 kW.

Bei Muldenöfen sind die Deckel mittels Kranes an Ösen abhebbar oder handhydraulisch hebbar. Im letzteren Falle sind sie dann auf einer seitlichen Fahrbahn verschiebbar. Bei der gezeigten Anlage (Abb. 6) besteht der Boden des Glühraumes aus Schamottesteinen mit eingebau-

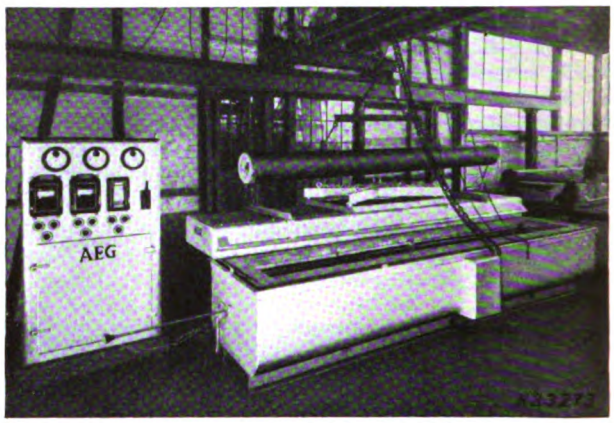


Abb. 6. Rohr-Glühmuldenofen 4500×500×500 mm, 950°, 130 kW.

ten hitzebeständigen Auflagestützen für das Glührohr, in dem die Werkstücke zur Verminderung der Verzunderung geglüht werden.

Eine weitere, neuartige Konstruktion ist ein Blockrollofen mit 2 übereinander liegenden geneigten Kammern, die in der Temperaturhaltung und in der mechanischen

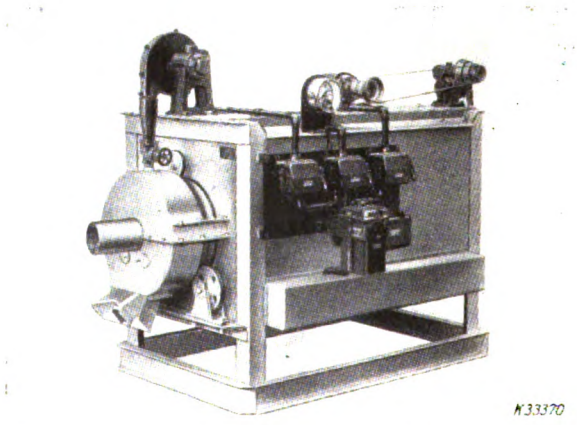


Abb. 7. Trommeltrockenofen 450 mm Dmr., 1350 mm Länge, 300 °, 25 kW.

Beschickung und Entleerung selbsttätig arbeiten. In den Kammern werden Zylinder aus Aluminiumlegierungen erwärmt. Eine besondere Beschickungsvorrichtung gibt die Teile an der Rückseite in die obere oder untere Kammer. Sie rollen, hintereinander liegend, langsam durch die Erwärmungsräume nach vorn. Nach Öffnung der Entnahmetür gleitet jedesmal ein Block heraus, während die übrige Reihe gesperrt bleibt.

Neuartig im Aufbau und in der Verwendung sind auch Öfen mit waagerechten Trommeln. Das Beispiel (Abb. 7) zeigt eine Anlage für niedrige Temperaturen, die zum

Digitized by Google

Trocknen kleiner metallischer Werkstücke nach dem Beizen und Waschen dient. Der Transport der Werkstücke durch diese Öfen wird durch die Umdrehung von zylindrischen Trommeln herbeigeführt, wobei die Teile in einer eingeschweißten, schraubenförmig verlaufenden Führung gleichmäßig und geordnet durchlaufen und am Entleerungsende selbsttätig herausfallen.

Die Entwicklung von Förderbandöfen zu hoher Vollkommenheit beweisen viele Beispiele. Selbst bei größeren Abmessungen der Öfen ist man bestrebt, die Öfen beim Versand anschlußfertig zu liefern.

Von größeren Stoßöfen seien 2 Anlagen von 12 m Gesamtlänge mit einem Nutzraumquerschnitt von 750·500 mm² und 200 kW Anschlußwert gezeigt (Abb. 8).

Die zur Gruppe der Fließöfen gehörenden, in den letzten Beispielen erläuterten Anlagen sind bei Massenfertigung hinsichtlich Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung und Einfachheit der Überwachung den Öfen für Chargenbetrieb überlegen. Außerdem benötigen die Fließöfen bei einer gegebenen Erzeugungsmenge geringeren Platzbedarf und lassen sich leicht in einen gegebenen Fabrikationsgang einschalten. Im allgemeinen kürzen sie auch die Dauer eines Warmbehandlungsvorganges ab. Trotz dieser verschiedenen Vorzüge sind die Anwendungsmöglichkeiten dieses Ofentyps jedoch begrenzt. Er fordert zu einem einwandfreien und wirtschaftlichen Betriebe große Mengen von in Form, Art und Abmessungen gleichen Werkstücken und gleiche Wärmebehandlung.

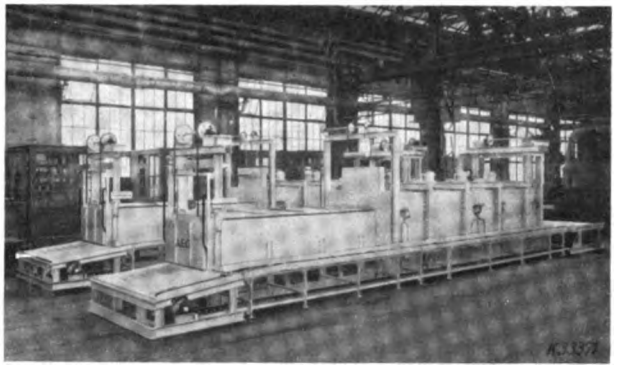


Abb. 8. Durchstoßöfen mit Abkühlkammer, je 12 000 × 750 × 500 mm, 950 °, 200 kW.

Einfacher Aufbau und einfache Leitungsführung in neuzeitlichen öllosen Hochspannungs-Schaltanlagen.

Von G. Meiners VDE, Berlin.

621. 316. 268

Übersicht. Der Aufsatz soll zeigen, daß der Aufbau einer öllosen Schaltanlage einfacher ist und weniger Raum beansprucht als der einer Ölschalter-Schaltanlage. Dagegen müssen auch bei einer öllosen Anlage alle die Vorsichts- und Schutzmaßnahmen getroffen werden, die bei einer Ölschalteranlage die Aufgabe haben, das Entstehen und die Wanderung des Hochspannungslichtbogens zu verhindern.

Der Wunsch, eine Hochspannungs-Schaltanlage einfach und übersichtlich aufzubauen, ist ebenso alt wie die Erkenntnis, daß die zu einer Maschine oder zu einem Umspanner gehörenden Hochspannungs-Schaltgeräte planmäßig in einer besonderen Hochspannungs-Schaltanlage vereinigt werden müssen. Die Pioniere im Schaltanlagenbau haben immer das Streben nach möglichst großer Klarheit, Übersichtlichkeit und Einfachheit im Aufbau der Schaltanlagen gehabt. Wenn heute erneut auf diese Gesichtspunkte hingewiesen wird, dann geschieht dies aus dem einfachen Grunde, weil die in den letzten Jahren durchgeführte Entwicklung der öllosen Schalter und Wandler neuartige Möglichkeiten ergeben hat, um Hochspannungs-Schaltanlagen einfacher zu bauen, als dies bisher der Fall war. Der Hauptgrund hierfür liegt darin, daß die explosions- und qualmsichere Trennung zwischen den Räumen, in denen die Leistungsschalter untergebracht sind, und der übrigen Hochspannungs-Schaltanlage heute nicht mehr nötig ist. Die Furcht vor dem Ölbrand war für die früheren Anordnungen der Hochspannungs-Schaltanlagen weitgehend maßgebend. Es ist wohl ohne weiteres einzusehen, daß durch die Beseitigung des Öles aus der Schaltanlage der übersichtliche Bau einer solchen erleichtert wird. Ebenso verständlich ist es aber auch, daß nach Fortfall der Ölexplosionsgefahr Hochspannungs-Schaltanlagen heute hier und da so stark vereinfacht geplant werden, daß die Betriebssicherheit gegenüber der früheren Ölschalteranlage vermindert wird. Die Erleichterungen, die sich aus dem Fortfall des leicht brennbaren Öles ergeben, können leicht dazu verführen, beim Aufbau einer Hochspannungs-Schaltanlage auch diejenigen Sicherheitsmaßnahmen zu vernachlässigen, die mit der Frage, ob Öl in der Schaltanlage vorhanden ist oder nicht, nichts zu tun haben.

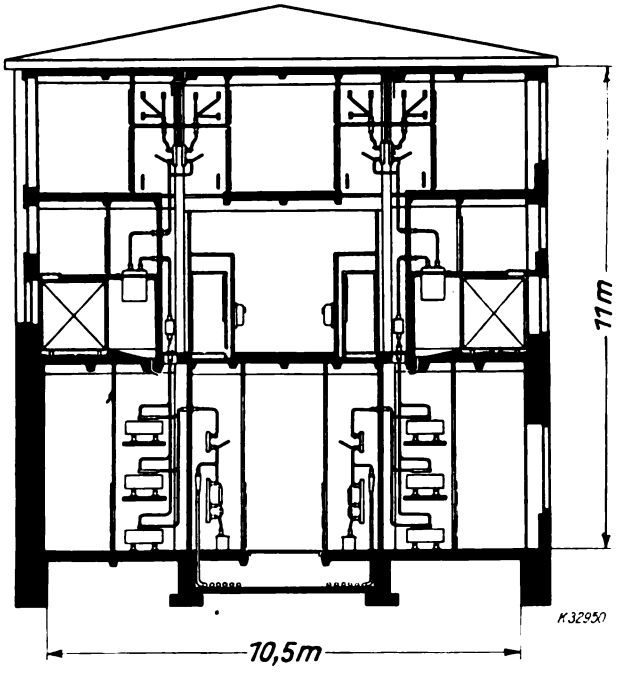


Abb. 1. Schnitt durch eine Hochspannungs-Schaltanlage mit Ölschaltern und Doppelsammelschienensystem. Explosionssicherer Einbau der Ölschalter. Abmessungen 10,5 × 11 m.

Abb. 1 zeigt den Schnitt durch eine großstädtische Hochspannungs-Schaltanlage mit Ölschaltern für eine Spannung von etwa 10 kV, bei der im untersten Raum die

Digitized by Google

Abzweig-Drosselspulen und die Kabelendverschlüsse, in den darüber liegenden Räumen die Ölschalter mit ihren Antrieben und in einem dritten Stockwerk die Sammelschienen-Trennschalter mit den Doppelsammelschienen angeordnet sind. Die Ölschalter sind so eingebaut, daß im Falle der Explosion eines Schalters der übrige Teil der Hochspannungs-Schaltanlage, insbesondere die Sammelschienen, nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Die Ölschalter müssen also in einem besonderen, verhältnismäßig großen, ins Freie führenden Raum aufgestellt werden. Wenn man dieselbe Anlage mit Druckgasschaltern und öllosen Wandlern baut, dann ergibt sich eine Anordnung nach Abb. 2. Die eingeschriebenen Maße zeigen, daß eine Raumersparnis im Verhältnis 115,1 zu 93,1 erzielt werden kann. Dazu kommt aber, daß die Leitungsführung gegenüber der Anordnung 1 vereinfacht ist. Auch bei der früheren Anordnung hat man sich sehr bemüht, die Anlage übersichtlich zu gestalten, was z. B. schon daraus hervorgeht, daß man vom Ölschalter-Bedienungsgang aus die Stellung der Sammelschienen-Trennschalter leicht übersehen konnte, obwohl der Aufbau dieser Schaltanlage allen Forderungen nach Lichtbogensicherheit voll entspricht. Die Notwendigkeit, den Leistungsschalter in einer besonderen, ins Freie mündenden Hochspannungszelle unterzubringen, besteht bei der Anwendung des öllosen Schalters nicht mehr. Der Druckgasschalter wird ohne weiteres im Leitungszuge der aus dem Drosselspulenraum kommenden Hochspannungsleitungen unterhalb der Hochspannungs-Trennschalter angeordnet. Der Aufbau des Druckgasschalters ermöglicht hierbei die denkbar einfachste Leitungsführung. Um an Höhe zu sparen, wurden die Hochspannungs-Sammelschienen oberhalb der Bedienungsgänge angebracht.

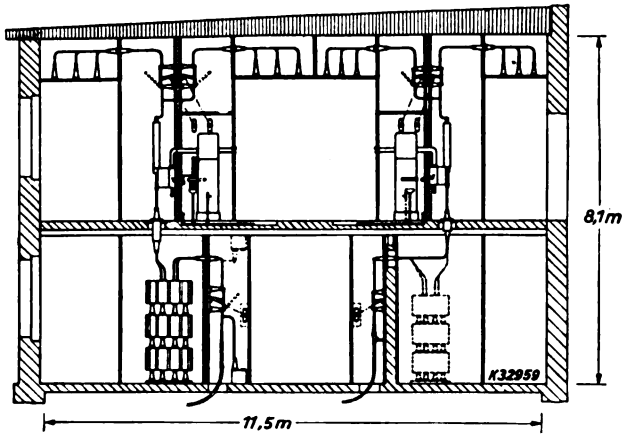


Abb. 2. Schnitt durch eine neuzeitliche öllose Hochspannungs-Schaltanlage mit Druckgasschaltern als Leistungsschalter. Abmessungen 11,5 × 8,1 m.

Eine Vereinfachung der Leitungsführung ergibt sich auch aus der Anordnung der Hochspannungsanschlüsse an der dreiphasigen Drosselspule. Wie aus der Abb. 2 hervorgeht, führen die Anschlüsse als isolierte Leitungen in das Innere der dreiphasigen Drosselspule, und der gesamte Aufbau ist einfacher als bei der Anordnung nach Abb. 1, weil alle Stützisolatoren für die Befestigung der zu den einzelnen Drosselspulen führenden Verbindungsleitungen fortfallen. Auch dieser Fortfall ergibt eine Erhöhung der Betriebssicherheit der Anlage.

Ein Gesichtspunkt, der auch beim Bau von neuzeitlichen Hochspannungs-Schaltanlagen zu beachten bleibt, ist der folgende: Auch nach Beseitigung des Öles aus der Schaltanlage ist die Entstehung eines Lichtbogens möglich. Der Lichtbogen kann dadurch eingeleitet werden, daß ein Trennschalter, der nur im stromlosen Zustande geöffnet werden darf, unter Last geschaltet wird. Zwar ist es verhältnismäßig leicht möglich, diesen Schaltfehler durch Verriegelungen zu verhindern, aber auch dann kann sich ein Lichtbogen bilden, beispielsweise infolge irgendeines Kontakt- oder Baustoffehlers oder durch einen Einfluß, der von außen in die Schaltanlage hineingetragen wird. Besonders während der Zeit der Inbetriebsetzung einer solchen Anlage, bei der die Verriegelungen noch nicht in Wirksamkeit sind und die Bezeichnung der einzelnen Hochspannungszellen oft noch behelfsmäßig durchgeführt ist, so daß Verwechslungen vorkommen können, muß man mit der Gefahr der Entstehung eines Lichtbogens rechnen. Auch in Zukunft wird es also nötig sein, die Möglichkeit der Lichtbogenbildung beim Aufbau von Hochspannungs-Schaltanlagen zu berücksichtigen, besonders auch deshalb, weil hierdurch keine wesentlichen Schwierigkeiten im Aufbau der Anlage entstehen[1]). Wird dieser Schutz nicht vorgesehen, dann spielt sich das Wandern des Lichtbogens im allgemeinen so ab, daß in irgendeiner Zelle ein Lichtbogen entsteht,

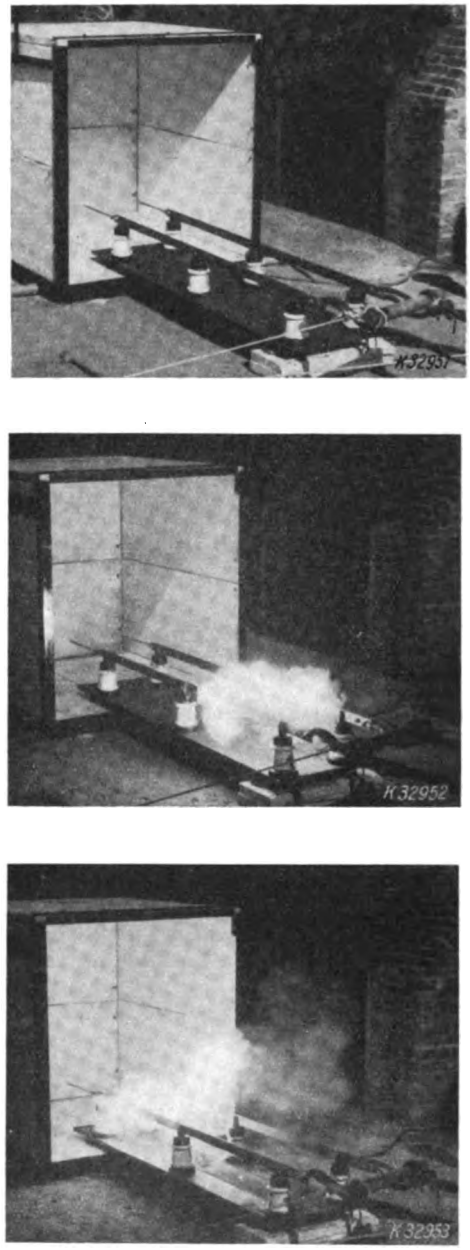


Abb. 3. Anordnung der Versuche zur Nachprüfung der Lichtbogenwanderung in Hochspannungs-Sammelschienen.

[1]) H. Probst, Entwicklung des Lichtbogenschutzes in Hochspannungsschaltanlagen. AEG-Mitt. (1935) H. 2, S. 54.

Digitized by Google

der aus der Zelle heraus in die Hochspannungs-Sammelschiene eindringt und dort Schaden anrichtet bzw. von da aus in Hochspannungszellen gelangt, die nichts mit der Entstehung der Störung zu tun haben[2]).

Ein verhältnismäßig einfaches Mittel, um sich gegen diese Lichtbogenwanderungen zu schützen, besteht darin, zwischen den Hochspannungs-Trennschaltern und den Sammelschienen eine feuerfeste Zwischenwand einzubauen, durch die Hochspannungs-Durchführungen hindurchgesteckt sind. Diese Anordnung hat sich in vielen Jahren bewährt und hat viele unangenehme Störungen verhindert. Entsteht in irgendeinem Abzweig ein Hochspannungs-Lichtbogen, dann ist zwar mit einer Störung und unter Umständen mit der Zerstörung der Geräte dieses Abzweiges zu rechnen, aber es ist verhindert, daß gesunde Anlageteile in Mitleidenschaft gezogen werden. Obwohl die Erscheinungen bei der Wanderung eines Lichtbogens längs der Sammelschienen schon lange bekannt sind, wurden in letzter Zeit Versuche angestellt, deren Anordnung aus der Abb. 3 hervorgeht und die zum Ziele hatten, die Geschwindigkeit der Lichtbogenwanderung und die Kraft, mit der der Lichtbogen wandert, nachzuprüfen und die Frage zu klären, mit welchen Auswirkungen hierbei zu rechnen ist. Es ergab sich, daß bereits ein Hochspannungs-Lichtbogen von 350 A bei 6000 V, der in eine

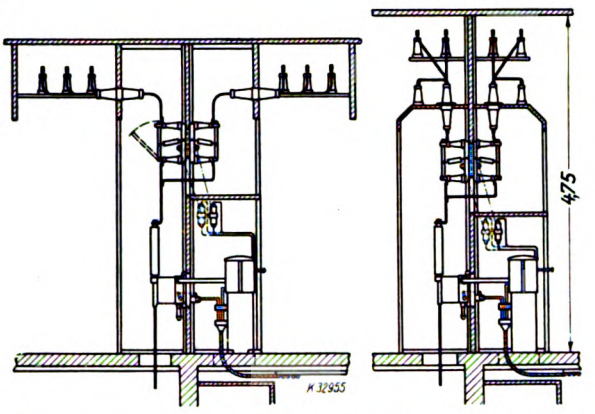


Abb. 4. Verschiedene Anordnungen der Sammelschienen von Hochspannungs-Schaltanlagen.

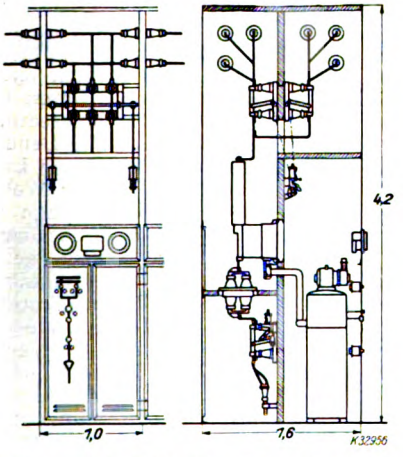


Abb. 5. Eine andere Sammelschienenanordnung.

Sammelschiene eingedrungen ist, nicht von selbst erlischt. Hieraus ist zu schließen, daß man den Schutz gegen das Wandern elektrischer Lichtbogen auch schon bei verhältnismäßig kleinen Kurzschlußleistungen vorsehen sollte.

Die Geschwindigkeit, mit der ein solcher Lichtbogen die Sammelschiene entlang wandert, ist so gering, daß man den Vorgang mit dem Auge ohne Schwierigkeiten verfolgen kann. Der Weg, den der Lichtbogen genommen hat, ist an kleinen Metallperlen auf den Sammelschienen zu erkennen. Diese Spur zeigt auch den Weg einer Lichtbogenwanderung, wenn der Lichtbogen nicht beobachtet wurde, und wenn die Aufgabe vorliegt, den Verlauf der Lichtbogenwanderung nachträglich festzustellen. Je größer die Kurzschluß-Stromstärke ist, um so größer ist die Geschwindigkeit der Lichtbogenwanderung. Schon bei etwa 20 000 A spielen sich die Erscheinungen unter großem Getöse und so rasch ab, daß weder mit dem menschlichen Auge noch mit einem normalen Filmaufnahmegerät Einzelheiten der Lichtbogenwanderung festgehalten werden konnten.

Von diesen Vorgängen muß ein Schaltanlagenbauer unterrichtet sein, denn sie bilden die Grundlage für den lichtbogensicheren Aufbau einer Hochspannungs-Schaltanlage.

In der Abb. 4 sind drei verschiedene Anordnungen von Sammelschienen in öllosen Hochspannungs-Schaltanlagen dargestellt, um zu zeigen, daß bei allen diesen Anordnungen die Leitungsführung sehr einfach ist. Die geringste Höhe des Schaltanlagenraumes erfordert der im Bild links gezeichnete Aufbau, bei dem die Sammelschienen über den Schaltgängen angeordnet sind. Sämtliche drei Schnitte zeigen die erwähnten feuersicheren Durchführungsplatten, durch die die Sammelschienen von der übrigen Schaltanlage lichtbogensicher abgetrennt werden. Entweder handelt es sich

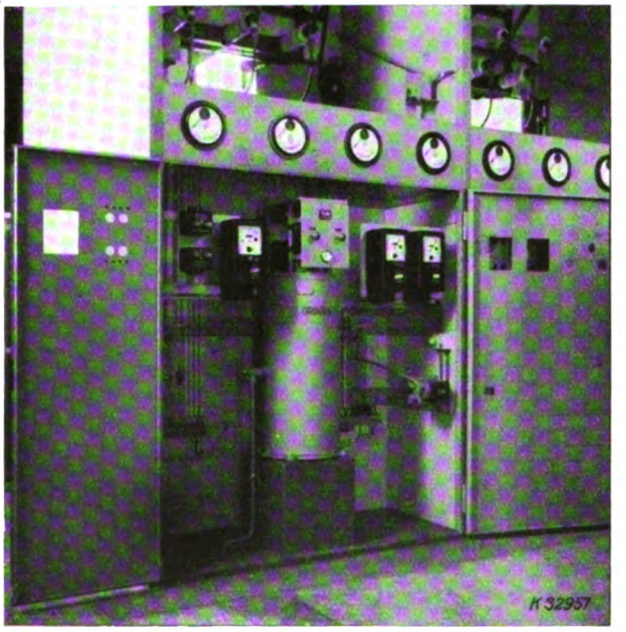


Abb. 6. Betätigungsschaltwand. Tür geöffnet.

um eine senkrecht angeordnete Durchführungsplatte oder, wie die rechts abgebildeten Schnitte zeigen, um eine waagerecht liegende feuersichere Durchführungsdecke. In allen Fällen ist die Anordnung der Hochspannungs-Sammelschiene so getroffen, daß man ohne Zwischendecke im Gebäude zwischen dem Leistungsschalterraum und dem Sammelschienenraum, wie sie bei früheren Anordnungen (Abb. 1) vorhanden war, auskommt. Leistungsschalter und Trennschalter sind also bei der öllosen Anlage in einem gemeinsamen Stockwerk untergebracht.

[2]) S. a. ETZ 57 (1936) H. 3, S. 58.

Digitized by Google

Eine andere, gegen das Wandern des Lichtbogens geschützte Sammelschienenanordnung besteht noch darin, daß man nach Abb. 5 die Durchführungen nicht zwischen Trennschalter und Sammelschiene, sondern innerhalb der Sammelschienen in waagerechter Lage zwischen den einzelnen Hochspannungszellen einbaut. Diese Ausführung des Lichtbogenschutzes hat gegenüber den in Abb. 4 dargestellten Anordnungen den Vorteil der größeren Übersichtlichkeit und der Werkstoffersparnis. Im Gegensatz zu dem Aufbau nach Abb. 4 muß man aber hier bei Entstehung eines Lichtbogens die Auswechslung eines Stückes der Sammelschiene in Kauf nehmen; da die Zwischenwand zwischen Trennschalter und Sammelschiene nicht vorhanden ist und man mit dem Eindringen des Lichtbogens in die Sammelschiene rechnen muß; hierbei kann der Sammelschienenbaustoff zerstört werden.

Solange es sich um verhältnismäßig kleine Sammelschienenquerschnitte handelt, bedeutet die Auswechslung eines Teiles der Sammelschiene keinen wesentlichen Nachteil. Nur wenn es sich um sehr große Querschnitte, beispielsweise von Sammelschienen für über 3500 A und mehr, handelt, entstehen durch die Notwendigkeit der Auswechslung des Sammelschienenstückes Schwierigkeiten.

Die Druckluftbehälter und die Steuergeräte für die Druckgasschalter und Trennschalter befinden sich im Niederspannungsteil der Zellen, der durch feuerfeste Wände von den übrigen Teilen der Hochspannungsanlage abgetrennt ist. Die Anordnung dieser Niederspannungszellen ermöglicht gleichzeitig die Unterbringung der Betätigungsklemmleisten in einem Raum, in dem sich keine hochspannungführenden Leitungen befinden. Hier sind auch die Abschlußventile für die Druckluftleitungen untergebracht, und die vorderseitige Tür der Niederspannungszelle kann so ausgeführt werden, daß ohne Öffnen derselben die Steuerung der Trennschalter und des Leistungsschalters vom Bedienungsgang aus möglich ist (Abb. 6). Außerdem können in dieser Niederspannungszelle auch übersichtlich und jederzeit zugänglich die zu dem betreffenden Hochspannungsabzweig gehörenden Schutzrelais angeordnet werden.

Eine solche Hochspannungs-Schaltanlage hat folgende Kennzeichen: Die Verqualmungsgefahr ist vermindert, da kein Öl vorhanden ist, die Anlage ist gegen das Wandern des Hochspannungs-Lichtbogens geschützt, und die im Betriebe häufig zu überwachenden und von Hand zu betätigenden Hilfseinrichtungen sind in einer durch feuersichere Wände vom Hochspannungsteil getrennten Niederspannungszelle zusammengefaßt.

Zusammenfassung.

Infolge der Beseitigung des Öles aus der Hochspannungs-Schaltanlage können bei ihrem Aufbau einige Gesichtspunkte vernachlässigt werden, die früher beim Bau von Ölschalteranlagen großer Leistung maßgebend waren. Hierdurch ist eine Verminderung der Raumabmessungen neuzeitlicher Schaltanlagen und eine Vereinfachung ihrer Leitungsführung möglich. Der Gefahr der Lichtbogenentstehung und der Lichtbogenwanderung muß aber auch in Zukunft Rechnung getragen werden.

Mikrowellenkabel.

621. 396. 44. 029. 6

Durch die Erschließung der Dezimeterwellen gewinnt neuerdings eine Ausbreitungsform elektromagnetischer Wellen längs Drähten wieder Bedeutung, die bisher in der Technik keinerlei Rolle spielte und die ein gegenüber den Drahtwellen ganz anderes physikalisches Verhalten zeigt. Bereits 1909 wurden derartige Wellen in Deutschland eingehend theoretisch begründet und später auch teilweise experimentell nachgewiesen. Infolge des Krieges wurden diese Arbeiten abgebrochen und später mangels technischer Bedeutung nicht wieder aufgenommen. Die Theorie der Drahtwellen ergibt neben der „Hauptwelle", die in der Elektrotechnik große Bedeutung erlangt hat, auch sogenannte „Nebenwellen". Das radiale Feld der Hauptwelle verläuft im wesentlichen im Außenraum, während es im Innern des Leiters sehr klein ist. Bei den Nebenwellen dagegen fällt das Außenfeld sehr rasch ab, während es im Innern des Drahtes die gleiche Größe wie an der Oberfläche beibehält. In elektrischen Leitern ist daher die Dämpfung der Nebenwellen sehr hoch, so daß diese nach Bruchteilen von Millimetern praktisch verschwinden. Bei Drähten aus nichtleitenden Stoffen fällt die Dämpfung weg, und die Nebenwellen können, wie das Experiment bestätigt hat, in gleicher Größe entstehen wie die Hauptwelle an Leitern. An dielektrischen Drähten fehlt die Hauptwelle natürlich vollkommen, ebenso wie die Nebenwellen an Leitern nicht in Erscheinung treten. Das Interesse an diesen „dielektrischen Wellen" (im Gegensatz zu Drahtwellen) war bisher außerordentlich gering, da die Theorie als unterste Grenzfrequenz Frequenzen verlangt, die bis vor kurzem weit über dem technisch beherrschbaren Frequenzbereich lagen. In Amerika wurden neuerdings die Untersuchungen derartiger Wellen wieder aufgenommen und mit Hilfe der Dezimeterwellentechnik weiter ausgebaut[1]). Dabei wurden die Untersuchungen auch auf die Fälle ausgedehnt, bei denen der „dielektrische Draht" von einem Metallzylinder umgeben ist. Die Ergebnisse bestätigen im wesentlichen die Debye-Hondrossche Theorie und die Experimente anderer deutscher Forscher.

Für jeden Drahtdurchmesser ergeben sich bestimmte Grenzwellen, oberhalb derer das „Kabel" eine unendliche Dämpfung besitzt. Die Grenzwellen λ_{Gr} sind gegeben durch die Beziehung:

$$\lambda_{Gr} = \frac{\pi d \sqrt{\varepsilon}}{X} .$$

Hierin bedeutet:

d Durchmesser des dielektrischen Drahtes,
ε Dielektrizitätskonstante,
X Wurzeln bestimmter Besselscher Funktionen.

Somit ergeben sich unendlich viele Wellen, von denen jedoch nur die längsten interessieren. Deren Grenzwelle liegt ungefähr in der Größe des Durchmessers, wenn als Dielektrikum Luft verwendet wird. Bei Benutzung von Dielektrika höherer Dielektrizitätskonstante kann entweder der Durchmesser bei gleichbleibender Welle wesentlich verringert werden oder die Wellenlänge bei gleichbleibendem Durchmesser erhöht werden. Unterhalb der Grenzwelle nimmt die Dämpfung bei drei der untersuchten Wellen rasch ab und erreicht ein Minimum, das ungefähr in der Größe der Fernsehkabeldämpfung liegt. Bei weiterer Frequenzerhöhung steigt die Dämpfung wieder linear an. Bei einer vierten Welle, die die Amerikaner jedoch noch nicht experimentell nachgewiesen haben, nimmt die Dämpfung mit steigender Frequenz außerordentlich geringe Werte an. Für ein Rohr von 127 mm, mit Luft als Dielektrikum, beträgt die Grenzfrequenz etwa 3000 MHz (10 cm), unterhalb der das „Kabel" scharf abschneidet. Bei 5000 MHz beträgt die Dämpfung 4, bei 10 000 MHz etwa 1 Decibel.

Das Hauptanwendungsgebiet der Wellenkabel liegt bei Verwendung wirtschaftlicher Abmessungen im Zentimeterwellenbereich und bei Verwendung von Luft als Dielektrikum bei noch kürzeren Wellen. Ein Dielektrikum sehr hoher Dielektrizitätskonstante und gleichzeitig geringster Verluste könnte die Abmessungen eines Wellenkabels bei gleicher Welle noch wesentlich verringern oder bei gegebenen Abmessungen den Wellenbereich nach oben verschieben. Vorläufig sind praktische Anwendungen sowohl wegen des Fehlens eines geeigneten Dielektrikums als auch wegen der mangelhaften Zentimeterwellentechnik nicht zu erwarten, es sei denn, man beschränkt sich auf die Benutzung unwirtschaftlicher Abmessungen unter Verwendung von Dezimeterwellen. *Grs.*

[1]) G. C. Southworth, Bell Syst. techn. J. 15 (1936) S. 284.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

621. 313. 322-712 **Lüftung eines Turbogenerators.** — Eine ungewöhnliche Turbogeneratorlüftung wurde von einer holländischen Firma an einem 37 500 kVA-Generator für 11 000 V, 3000 U/min ausgeführt.

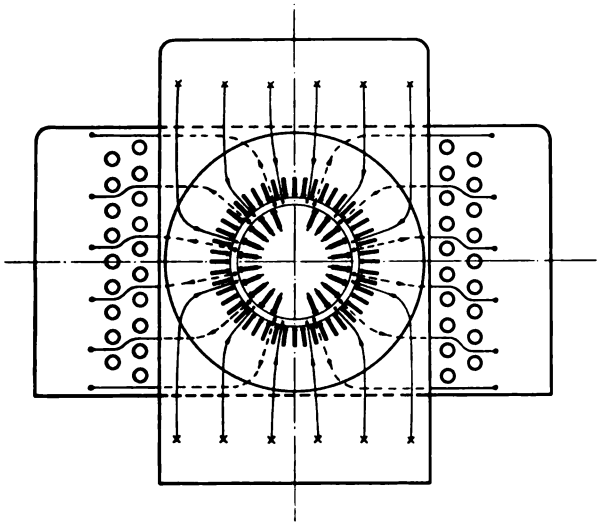


Abb. 1. Luftströmung in den Ventilationsschlitzen mit Kühleranordnung.

Die eigentliche Lüftung ist in der üblichen Weise so angeordnet, daß in etwa die Hälfte der Lüftungsschlitze die Luft vom Ständerumfang nach der Mitte zu eingeblasen wird und durch die anderen Schlitze wieder nach außen entweicht, wobei die Luft im Luftspalt und unter Umständen auch durch Löcher im Blechpaket eine kleine Strecke in der Achsenrichtung zurücklegt. Dieses System ist hier so weit durchgeführt, daß jedesmal zwei nebeneinander liegende Schlitze als Zufuhr, die daneben liegenden zwei als Abfuhr dienen. Hierdurch verteilt sich die Luft auf viele parallele Wege, und der Widerstand bleibt bei großem Querschnitt verhältnismäßig gering.

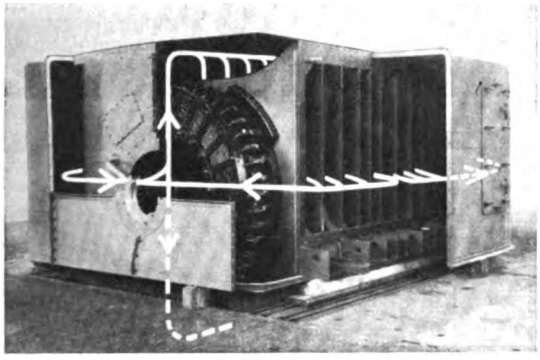


Abb. 2. Luftströmung in den Umlaufkanälen. Luftkühler entfernt.

Die Eigenart der Konstruktion hat hier zu einer Art Kreuzströmung geführt, wobei die Luft von oben und unten in den Zuführungsschlitzen zugeführt und nach links und rechts abgeführt wird. Das bedingt gewissermaßen eine viereckige Form des Äußeren, die es ermöglicht, beiderseits einen wasserdurchströmten Luftrückkühler anzuordnen (Abb. 1). Die seitlich aus den Kühlern ausströmende Luft wird waagerecht in den vier Richtungen den zwei aufgebauten Lüftern zugeführt, die die Luft wieder beiderseits senkrecht nach oben und unten weiter liefern (Abb. 2).

Um die Achsenhöhe möglichst niedrig zu halten, liegt der eigentliche Generatorkörper etwas unter der Mitte des ganzen Systems. Wesentlich bei der Ausführung ist, daß alle Kanäle und der Kühler über dem Fußboden liegen, dabei sehr geräumig und kurz und die Kühler leicht zugänglich sind. Unter dem Generator bleibt also der Raum ganz frei für die dampftechnische Apparatur, Anschlußkabel usw.

Die Maschine ist im städtischen Elektrizitätswerk Nord von Amsterdam aufgestellt. *f.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 785. 017. 5 **Untersuchung der Reibungsverhältnisse in Elektrizitätszählern.** — Längere Zeit in Betrieb gewesene Elektrizitätszähler weisen vor allem infolge der Veränderlichkeit der Reibung bekanntlich Anzeigeungenauigkeiten auf. Gegenstand einer durch zahlreiche Messungen belegten Arbeit von F. Wachsmann ist es, die Reibung in den Lagern, im Zählwerk, am Stromwender usw. getrennt zu erfassen und ihre Veränderlichkeit im Verlaufe längerer Betriebszeiten zu bestimmen. Die Messungen erfolgten zum großen Teil nach neuen, vom Verfasser besonders entwickelten Verfahren. Zusammengefaßt zeigen die Untersuchungen folgende Ergebnisse:

Unterlager: Beim neuen Unterlager (Stahlkugel vom Krümmungsradius 0,4 — 0,5 — 0,7 mm auf Saphir hohlgeschliffen mit einem Radius von 1,25 mm) steigt das Reibungsmoment ziemlich unabhängig vom Krümmungsradius der Spitze etwa mit der 1,5ten Potenz der Lagerbelastung. Eine Abhängigkeit der Lagerreibung von der Drehzahl konnte bei 0 bis 150 U/min nicht festgestellt werden.

Dauerprüfungen von Lagern zeigten, daß ursprünglich auch scheinbar völlig gleiche Stücke gänzlich verschiedenen Reibungsverlauf haben können. Bei einer Belastung von 20 g hatten neue Unterlager durchschnittlich Reibungsmomente von 0,0013 gcm. Nach 1,5 Mill Umdrehungen waren diese bei etwa 20 % der untersuchten Lager kaum gestiegen, bei etwa 75 % auf das Zwei- bis Dreifache gewachsen und bei etwa 5 % bis zu zehnmal größer geworden. Bei größeren Lagerbelastungen ergeben sich ähnliche, wenig ungünstigere Verhältnisse. Ein starkes und plötzliches Anwachsen der Reibung beginnt immer erst, wenn auch der Lagerstein angegriffen ist.

Das verwendete Schmiermittel ist besonders für die Lebensdauer der Lager von größtem Einfluß. Beachtenswert ist, daß neue Lager geschmiert und ungeschmiert fast gleiche Reibungswerte zeigen; dagegen erweisen sich geschmierte Zapfen, was Haltbarkeit anbetrifft, als viel zuverlässiger.

Oberlager: Die bei lotrechter Aufhängung an sich ziemlich unbedeutende Reibung wächst auch nach langen Betriebszeiten — Sonderfälle ausgenommen — nur wenig an. Die Größenordnung der Reibung beträgt bei den üblichen Bauformen in der Regel nicht über 0,001 gcm.

Zählwerke: Zeigerzählwerke sind hinsichtlich der anfallenden Reibung besonders günstig. Neue Stücke hatten gleichmäßig Reibungsmomente von 0,0025 bis 0,0040 gcm, stets gemessen an der Systemachse des Zählers. Auch nach 20jähriger Verwendung war die Reibung nicht über 0,02 gcm gestiegen.

Scheibenzählwerke zeigten ähnlich vorteilhafte Werte, und zwar neu etwa 0,008 gcm und nach 25 Jahren etwa 0,012 gcm. Der sprungweise Vorschub der Stellen verursacht freilich bei gewissen Bauformen zeitweilig Reibungszunahmen auf etwa das Doppelte.

Rollenzählwerke, die heute am häufigsten verwendet werden, weisen recht unterschiedliche Reibungsmomente auf. Von besonderem Einfluß ist hier die Zahl der Rollen, die sich gerade in Eingriff befinden (Transport), hier spielt allerdings auch die Übersetzung eine bedeutende Rolle; ungünstige Bauformen und besonders solche mit schnellaufendem Zählwerk („Wiener Zählwerk-Eichtrommeln") verursachen oft sehr große Reibungsmomente (Zahlentafel 1).

Bei den ungünstig gebauten Formen wurden bei gleichzeitigem Vorschub von 5 Rollen nach 6jährigem Betrieb Reibungswerte bis 0,30 gcm beobachtet.

Stromwender und Bürsten: Das Reibungsmoment hängt vor allem vom Stromwender-Durchmesser

Digitized by Google

Zahlentafel 1. Übersicht der beobachteten Reibungsmomente in gcm.

Zustand der Zählwerke	neu		nach 6 Jahren	
Zahl der in Eingriff befindlichen Rollen	0	1	0	1
besonders zweckmäßige Form	0,003	0,0035	0,005	0,007
gebräuchlichste Form	0,0035	0,0045	0,010	0,013
ungünstige Form	0,015	0,020	0,060	0,100

und Bürstendruck ab. Im Mittel kann mit Reibungen von 0,015 bis 0,030 gcm gerechnet werden, bei einem Stromwender-Durchmesser von 1,175 mm und einem Bürstendruck von 0,30 bis 0,35 g. Schon nach kurzer Betriebsdauer wachsen diese Werte um etwa 20 bis 50 % und erreichen im Verlaufe längerer Betriebszeiten etwa das Zwei- bis Zweieinhalbfache der ursprünglichen.

Zusatzeinrichtungen: Mehrfachtarifzählwerke, Höchstlast- und Überverbrauchanzeiger und dgl. verursachen oft beträchtliche Reibungsmomente. An Tarifeinrichtungen werkneuer Geräte wurden Reibungsmomente bis 0,07 und 0,16 gcm gemessen.

Die in der Regel beobachteten Reibungszunahmen wirken sich auf die Fehlerkurve der Zähler so aus, daß besonders bei kleinen Belastungen recht beachtliche Minusanzeigen entstehen. Wenn die Genauigkeit guter werkneuer Zähler heute billigen Forderungen auch immer entspricht, so bleibt die Bedeutung der Reibungsfrage mit Rücksicht auf die angestrebte zeitliche Konstanz der Fehlerkurve bestehen. [F. Wachsmann, Dissert. T. H. München 1935.] *Sb.*

Verkehrstechnik.

621. 335. 4 **Amerikanisches Fahrzeug für zwei Antriebsarten.** — Nach Ansicht vieler Verkehrsfachleute — besonders in den V. S. Amerika — ist der Oberleitungsomnibus als Lösung der Verkehrsfrage in Großstadtstraßen anzusehen, da er frei ausweichen, enge Kurven befahren und hohe Anfahrbeschleunigung erreichen kann. Der Omnibus mit Verbrennungsmotor hat demgegenüber den Vorteil, daß er nicht an bestimmte Fahrstrecken gebunden ist. Seine Nachteile im Stadtverkehr sind jedoch starke Beanspruchung des Fahrers und kleine Lebensdauer des Wagens durch das häufige Schalten des Getriebes sowie die Belästigung durch die Abgase. Für die besonders in Amerika bereits weit entwickelten Fernomnibusse gelten diese Nachteile nicht so sehr. Auch der Omnibus mit Verbrennungsmotor und elektrischer oder hydraulischer Kraftübertragung vermeidet diese Nachteile, wobei zu bemerken ist, daß in Amerika Dieselmotoren in Fahrzeugen noch selten sind, weil dort der Preisunterschied zwischen Schweröl und Benzin nicht so wesentlich ist.

Ein großes Verkehrsunternehmen im Osten der V. S. Amerika hat den Versuch gemacht, die meisten guten Eigenschaften der genannten Straßenverkehrsmittel in einem Fahrzeug zu vereinen. Es entstand so der Omnibus für zwei Antriebsarten, der als benzin-elektrischer und als Oberleitungs-Omnibus fahren kann. 62 derartige Fahrzeuge sind bereits im Betrieb, weitere 25 wurden in Auftrag gegeben. Der Wagenkasten ist als Leichtgewichtsbau in Stromlinienform ausgeführt und bietet Sitzplätze für 36 Personen. Die Einstiege liegen vorn, die Ausgänge in der Mitte. Alle Türen werden pneumatisch betätigt. Die Ausgangstüren sind elektrisch über die Steuerung verriegelt. Zur Heizung wird das Kühlwasser des Benzinmotors verwendet, außerdem ist für Oberleitungsstrecken elektrische Heizung möglich. Bei längerer Fahrt als Oberleitungsomnibus wird im Winter zur Erleichterung des Anspringens das Kühlwasser durch einen elektrischen Heizkörper warmgehalten. Gute Lüftungseinrichtungen mit einem Lüfter bei Stillstand des Wagens sind vorhanden. Alle Hilfskreise werden von einer Batterie gespeist, so daß auch bei Oberleitungsbetrieb keine gefährlichen Spannungen im Fahrgastraum vorhanden sind.

Der Benzinmotor und der Generator sind hinten im Wagen quer zur Wagenlängsachse angeordnet, wodurch leichte Zugänglichkeit und gute Gewichtsverteilung erreicht werden. Der Motor hat eine Leistung von 127 PS, die durch einen Verdichter auf etwa 162 PS gesteigert werden kann. Jeder der beiden elektrischen Triebmotoren ist für 37 kW ausgelegt, beim Anfahren können sie um 200 % überlastet werden. Beim Oberleitungsbetrieb mit 600 V Gleichstrom sind die Motoren stets in Reihe geschaltet. Die Steuerung erfolgt hierbei durch einen fußbetätigten Fahrschalter in Verbindung mit einem Handschalter zur Einstellung der Fahrtrichtung und der elektrischen Bremsung. Letzterer ist auch bei Speisung aus dem eigenen Generator in den gleichen Stellungen verwendbar. Ohne Geschwindigkeitsverminderung kann vom Oberleitungsbetrieb auf den Omnibusbetrieb übergegangen werden. Die Stromabnehmer werden hierbei durch elektrisch betätigte Fangvorrichtungen in 3 s abgezogen. Die Brennstoffzufuhr des Benzinmotors wird in üblicher Weise durch einen Fußhebel geregelt. Durch diesen wird gleichzeitig die Erregung des Generators gesteuert. Schneller Aufbau der Generatorspannung wird durch ein von der Batterie gespeistes Anlauffeld erzielt. Überspannungen verhindert ein Spannungsrelais, indem es bei Überschreitung eines Höchstwertes Widerstände in den Erregerkreis einschaltet. Es sind drei voneinander unabhängige Bremssysteme vorhanden: Luftdruckbremse, handbetätigte Getriebebremse und elektrische Kurzschlußbremse. Als Oberleitungsomnibus erreicht der Wagen auf der Ebene etwa 65 km/h, er kann bei voller Belastung in 13 s auf 40 km/h beschleunigt werden. Für den benzinelektrischen Omnibus beträgt die Geschwindigkeit 80 km/h, und beim Anfahren werden 40 km/h in 20 s erreicht. Als Höchstgeschwindigkeit ist 100 km/h zulässig.

Angaben über die wirtschaftlichen Erfolge der Fahrzeuge werden nicht gemacht; die Vereinigung von Oberleitungsomnibus und benzin-elektrischem Omnibus dürfte jedoch bei längeren Strecken mit verschiedenartigen Verhältnissen in bezug auf Haltestellenabstand, Steigung usw. erhebliche Vorteile bieten. [M. Schreiber, Electr. Engng. 55 (1936) S. 236.] *Dtt.*

Fernmeldetechnik.

621. 396. 828 (061) **Ergebnisse der Londoner Tagung des CISPR[1])-Sachverständigen-Ausschusses vom 19. bis 20. 5. 1936.** — Vertreten waren die Länder: Deutschland, England, Frankreich, Italien, Belgien, Niederlande, Schweiz, Tschechoslowakei und als Beobachter Japan. Zweck der Zusammenkunft war der Vorschlag einer zulässigen zwischenstaatlich gültigen Störzahl für handelsübliche Maschinen, nachdem im April 1935 in Berlin das deutsche Störspannungs-Meßverfahren als Grundlage für ein zwischenstaatliches Meßverfahren anerkannt worden war, und mittlerweile in den verschiedenen Ländern in großem Umfang Messungen von erreichbaren Störspannungen ausgeführt worden waren. In Deutschland sind diese Messungen beim Reichspostzentralamt, bei den Siemens-Schuckertwerken AG. und bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft ausgeführt worden.

Einige Länder hatten vor der Tagung Berichte über die Meßergebnisse und über die vorzuschlagende, zulässige Störzahl eingereicht. Die folgende Zahlentafel gibt eine Zusammenstellung der darnach erreichbaren Störzahl.

Zahlentafel 1. Störzahlen in µV.

Länder	Entstörungsmittel	150 ··· 400 kHz	400 ··· 1500 kHz
Deutschland	Kondensator	2000 µV	1000 µV
		Zahlen gelten nur für ungeerdete Geräte	
Belgien	Kondensator	800 ··· 3000	300 ··· 1000
	Kondensator u. Spule	80 ··· 100	25 ··· 120
Frankreich	Kondensator	1000 ··· 3000	kleiner als 200
England	Kondensator, in einigen Fällen noch Spule	100 ··· 500	„ „ 100
Italien	Kondensator	80 ··· 400	„ „ 100
Schweiz	Kondensator	50 ··· 400	„ „ 50

Die großen Unterschiede in den Angaben der einzelnen Länder sind durch die verschiedene Auffassung über den erforderlichen Grad der Entstörung zu erklären. Während ein Teil der Länder der Auffassung war, daß man nur so weit entstören soll, wie es wirtschaftlich vertretbar ist, wobei eine etwa notwendige weitergehende Entstörung von Fall zu Fall nach dem Einbau auszuführen wäre, stand der andere Teil auf dem Standpunkt, so weit mit der Entstörung zu gehen, daß nur in seltenen Fällen eine Nachentstörung erforderlich ist.

[1]) Das CISPR (Comité international spécial des Perturbations radiophoniques) ist von der IEC (Internationale elektrotechnische Kommission) gebildet worden, um die Rundfunkentstörung zwischenstaatlich zu regeln, und trat im Sommer 1934 in Paris das erste Mal zusammen.

Digitized by Google

Außerdem gab es Meinungsverschiedenheiten über den Gültigkeitsbereich einer zwischenstaatlich festgesetzten Störzahl. Während bei den bisherigen Tagungen nur eine Entstörung der elektrischen Haushaltgeräte unter 500 W Leistung in Betracht gezogen wurde, forderte jetzt die Mehrzahl der Länder eine Ausdehnung auf alle elektrischen Maschinen unter 500 W Leistung. Ein Land trat sogar dafür ein, die Entschließungen sofort auch auf Maschinen über 500 W, und zwar bis 10 kW Leistung auszudehnen.

Man einigte sich schließlich auf einen mittleren Weg und setzte zulässige Störzahlen für ungeerdete Maschinen unter 500 W Leistung fest, die in der Mitte zwischen beiden Anschauungen liegen. Darnach ist folgender Vorschlag für die nächste Haupttagung des CISPR, die im November 1936 in Brüssel stattfinden soll, vorgesehen worden:

A) Für alle Maschinen bis 500 W Leistung.

1. Ungeerdete Maschinen.

	150 ··· 500 kHz	500 ··· 1500 kHz
nach der Anerkennung durch die IEC sofort anzuwenden	1000 μV	500 μV
zwei Jahre nach der Anerkennung anzuwenden	500 μV	200 μV

Die Vertreter Deutschlands und Frankreichs erklärten hierzu, daß sie diese Zahlen nur für Haushaltgeräte anerkennen können. Sie wollen aber bis zur nächsten Tagung feststellen, ob sie sich der Ausdehnung auf alle Maschinen unter 500 W anschließen können. Alle Vertreter erkennen an, daß vom Standpunkt des Rundfunks eine Herabsetzung der Störzahl auf 200 μV im ganzen Frequenzbereich wünschenswert wäre. Der Vertreter der Niederlande macht den Vorbehalt, daß er die Zahlen nur anerkennen kann, wenn sich der von den Niederlanden ermittelte und angegebene Umrechnungsfaktor (200) zwischen seinen Meßwerten und denen nach dem CISPR-Verfahren als zutreffend erweist.

2. Geerdete Maschinen.

Für die geerdeten Maschinen war es nicht möglich, eine Störzahl festzulegen. Die Vertreter Deutschlands und Frankreichs lehnten eine solche ab, da ihnen noch die erforderlichen meßtechnischen Unterlagen fehlen. Die Vertreter Englands und Italiens erklärten, daß sie dieselben Zahlen wie unter 1. annehmen würden.

B) Für Maschinen mit einer Leistung von 500 W bis 10 kW.

Es war nicht möglich, eine Einigung auf einen Vorschlag zu erreichen. Die Frage soll bis zur nächsten Tagung studiert werden. Die Vertreter Englands erklären jedoch, daß sie sich dem unter A) 1. gemachten Vorschlag auch für B) anschließen würden.

C) Maschinen über 10 kW.

Die Vertreter sind der Ansicht, daß z. Z. eine zwischenstaatliche Regelung nicht notwendig erscheint.

Weiter wurde noch die Höhe der Spielgrenzen, die bei der Messung der Störspannung festzulegen wäre, erörtert. Diese Frage wurde bis zur Haupttagung im November verschoben und beschlossen, bis dahin Erfahrungen zu sammeln, wie weit die Meßwerte der verschiedenen Länder voneinander abweichen. Zu diesem Zwecke sollen alle Länder ihre Meßeinrichtung in Berlin mit der deutschen vergleichen. Der Vergleich zwischen der deutschen und englischen ist bereits im Februar erfolgt.

In der letzten Tagung ist beschlossen worden, einen entstörten Motor als Vergleichs-Meßmaß von England nach Frankreich, Schweiz, Italien, Deutschland, Niederlande, Belgien zu senden. Jedes Land sollte seine Störspannung messen, um die Abweichung in den Meßergebnissen der einzelnen Länder festzustellen. Der Motor befindet sich z. Z. in Italien und soll nach erfolgter Messung weiter gesandt werden. *Hch.*

Hochspannungstechnik.

621. 315. 612. 015. 5. 001. 4 **Die Beschaffenheit des Öles für Durchschlagprüfungen von Isolatoren.** — Für Durchschlagprüfungen von Isolatoren, die bei betriebsmäßigen Verhältnissen eher über- als durchschlagen, muß der Durchschlag erzwungen werden, indem der Prüfling in ein Mittel höherer Durchschlagfestigkeit eingebettet wird. Im allgemeinen wird wegen der einfachen Versuchsanordnung Öl verwendet. Es ist seit langem bekannt, daß gerade die Beschaffenheit dieses Öles einen maßgebenden Einfluß auf die Höhe der Durchschlagspannung des Isolators und die Lage des Durchschlags hat. Deshalb ist eine Vereinheitlichung des zu verwendenden Öles dringend erwünscht. In weiten Kreisen wurde hierzu bisher ein Braunkohlenteeröl mit etwa 3 bis 5 Gewichtsprozent harter Ausgußmasse verwendet. Wiederholte Versuche an verschiedenen Orten haben jedoch gezeigt, daß dieses Öl in seiner Zusammensetzung noch zu stark abweichen kann, um damit völlig übereinstimmende Ergebnisse zu erzielen.

Deshalb wurden gelegentlich neuerer Versuche die Eigenschaften des Prüföles näher festgelegt. Ausgehend von reinem raffinierten Gelböl, dem allmählich Braunkohlenpech zugesetzt wurde, wurden an unarmierten Kappenisolatoren Ha 601 (K 1) Durchschlagversuche durchgeführt. Da die Lage der Durchschlagstellen von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung des Prüföles ist, wurden diese besonders festgestellt und die Ölbeschaffenheit so gewählt, daß Randdurchschläge möglichst ganz vermieden wurden.

Aus den Versuchen geht hervor, daß mit zunehmendem Pechzusatz die Durchschlagspannung der Isolatoren nach anfänglichem Anstieg praktisch konstant bleibt und daß damit parallel der Durchschlag sich dauernd nach der Kopfmitte verschiebt, um sich bei ungefähr 3,5 Gewichtsprozent Pechzusatz wieder zu verschlechtern. An der gleichen Stelle nimmt auch die Leitfähigkeit nicht mehr linear mit dem Zusatz an Pech zu, sondern nähert sich einem Grenzwert. Vermutlich rührt dies daher, daß das Gelböl nur eine bestimmte Menge Pech zu lösen vermag, so daß ein weiterer Pechzusatz in Form von Schwebeteilchen ungelöst im Öl verbleibt. Die bereits früher ausgesprochene Vermutung, daß die Schwebeteilchen maßgebend für die Verwendungsfähigkeit eines Öles sind, konnte bestätigt werden, indem es gelang, einmal durch Filtern, zum anderen durch Verwenden eines anderen Peches bei der gleichen Leitfähigkeit ein Öl mit stark schwankendem Gehalt an Schwebeteilchen herzustellen, der durch Bestimmung des benzolunlöslichen Rückstandes auf dem Filter erfaßt wurde. Dabei zeigte sich in beiden Fällen eine bedeutende Verschlechterung der Ergebnisse.

Auf Grund dieser Versuche wird ein Prüföl mit folgenden Eigenschaften als zweckmäßig vorgeschlagen: Leitfähigkeit $k \approx 500 \cdot 10^{-12}\,\Omega^{-1}\,\mathrm{cm}^{-1}$, Anteil an benzolunlöslichem Rückstand etwa 10 mg/100 cm³ Öl. Dieses Öl wird erhalten durch Mischung von Hallenser raff. Gelböl, das gegen Lackmus schwach sauer reagieren muß, und 3 bis 5 Gewichtsprozent Braunkohlenpech. [G. Geißler, Hescho-Mitt. (1936) H. 73, S. 2337.] *eb.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Die Hundertjahrfeier der T. H. Darmstadt. — Vom 27. bis 29. Mai hat Darmstadt das hundertjährige Bestehen seiner Hochschule gefeiert. Von der Hochschule selbst, ihrem Werden und ihrem wissenschaftlichen Geist hat das der Feier gewidmete Heft 22 der ETZ bereits ausführlich berichtet. Es bleibt uns noch ein Rückblick auf diese Tage und die festlichen Veranstaltungen, zu denen sich die Hochschulangehörigen mit den Vertretern von Partei und Behörden, den Männern der Wissenschaft, den ehemaligen Studierenden und den Besuchern der VDI-Tagung zusammenfanden.

In diesen Tagen ist oft von dem „Darmstädter Geist" gesprochen worden. Er ist bedingt durch Hochschule und Stadt. Die Hochschule hat stets über ausgezeichnete Lehrer verfügt, die kameradschaftlich mit ihren Studenten verbunden waren, sie ist modern im guten Sinne des Wortes und hat sich durch Gründung besonderer Institute eine eigene Note zu geben vermocht. Diese Vorzüge werden in glücklichster Weise ergänzt durch die kunstsinnige Atmosphäre der alten Residenzstadt mit ihren schönen Bauten und Gärten, durch die landschaftlich schöne Umgebung und nicht zuletzt durch die lebensfrohe, aufgeschlossene Art der Darmstädter Bevölkerung. So kam es, daß sich die ehemaligen Studierenden in besonders großer Anzahl eingefunden hatten, und daß Hochschule, Studenten, Gäste und Einwohnerschaft das Fest in schönster Gemeinschaft feierten.

Die eindrucksvolle Kundgebung des NS-Studentenbundes in der Otto-Berndt-Halle am 27. 5. eröffnete den

Digitized by Google

Reigen der Veranstaltungen. Gruppenführer Helweg, Stabsleiter Walcher und der Leiter der Reichsfachgruppe Technik, Aly, sprachen über die studentische Arbeit von heute und auch über die Nachwuchsfrage, die zu gewissen Besorgnissen Anlaß gibt, da der Zustrom zum technischen Studium zu wünschen läßt. Der am gleichen Tage gemeinsam mit dem VDI stattfindende Festabend vereinte rd. 5000 Menschen in der Städtischen Festhalle in heiterer Geselligkeit, unterstützt von fröhlichen Darbietungen der Darmstädter Studenten.

Am 28. 5. fanden die Festlichkeiten ihren Höhepunkt in der Feierstunde der T. H. in der Städt. Festhalle. Der Rektor, Prof. Dr. Hübener, verlas einen Telegrammwechsel mit dem Führer. Reichsstatthalter Sprenger übermittelte die Glückwünsche der Hessischen Landesregierung und sprach über die Aufgaben der Hochschule und der Studenten. Prof. Dr. Bachér überbrachte die Glückwünsche des Reichswissenschaftsministers Rust und Oberbürgermeister Wamboldt sagte die ständige Förderung der Hochschule durch die Stadt zu. Weitere Redner brachten Glückwünsche der Hochschulen, der Universitäten, des NS-Studentenbundes, und stattliche Stiftungen wurden verkündet; danach ergriff Dr.-Ing. Schult das Wort für den VDI. Von den zahlreichen Ehrungen, die anläßlich der Jahrhundertfeier ausgesprochen wurden, seien hier nur einige erwähnt: Die Würde eines Dr.-Ing. E. h. wurde verliehen an die Herren Prof. S. Pedersen, Drontheim, Generaldirektor R. K. Eyans, Opelwerke-Rüsselsheim, Prof. A. E. Kennelly, Cambridge (V. S. Amerika). Der Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn Dr.-Ing. E. h. Julius Dorpmüller wurde mit der Grashof-Denkmünze ausgezeichnet. Den VDI-Ehrenring für Arbeit und Leistung erhielten Dipl.-Ing. W. Hirth für die Förderung des Segelfluges und Dr.-Ing. L. Korschan für wehrtechnische Leistungen. Nach Dankworten des Rektors folgte der im nachfolgenden Bericht näher gekennzeichnete Vortrag Jähne, Aufgaben des Ingenieurs in der chemischen Industrie.

Ein Festessen im Saalbau, Führungen durch die Hochschulinstitute und abends ein Sommerfest auf dem Schloßwall unter überwältigender Beteiligung der Darmstädter Bevölkerung beschlossen diesen Tag. Den Ausklang des Festes bildete am 29. 5. eine Rheinfahrt der T. H. Darmstadt, die von Mainz bis St. Goar und über Bacharach nach Mainz zurückführte. — Die Festteilnehmer sind nun längst wieder an ihre Arbeit zurückgekehrt. Aber die große Gemeinde der „alten Darmstädter" ist durch die gemeinsam erlebten Tage aufs neue eng zusammengeschlossen worden, und die Hochschule selbst wird aus dieser starken Resonanz ihres Wirkens stete Kraft gewinnen und so ihre hohen Aufgaben auch in der Zukunft vorbildlich lösen können.

Wr.

621. 01 (063) **74. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure (VDI).** Die Tagung, die gleichzeitig 80-Jahrfeier war, fand vom 26. bis 29. 5. d. J. in Darmstadt statt. Mit dieser war wie üblich eine große Arbeitstagung verbunden, die sich mit etwa 100 Vorträgen über sechs Fachgruppen erstreckte. In den Vorträgen wurde auch vielfach das elektrotechnische Fachgebiet gestreift. So wies Herr Dir. Dipl.-Ing. Jähne, Frankfurt a. M., in seinem Vortrage „Aufgaben des Ingenieurs in der chemischen Industrie" auf den hohen Verbrauch an elektrischer Energie in dieser hin. Im Jahre 1935 stellte sich der Stromverbrauch auf über 8 Mrd kWh, d. i. rd. die Hälfte der im gleichen Jahr in öffentlichen Elektrizitätswerken Deutschlands erzeugten Strommenge. Der Höchstdruckdampf fand dabei weitgehende Anwendung (31 Höchstdruckdampfkessel mit einer Normalstundenleistung von über 1500 t) und ermöglichte bei normalen Dampfpreisen Stromerzeugungspreise von 0,5 bis 0,6 Rpf/kWh. Herr Dr.-Ing. C. Th. Kromer, Berlin, sprach zur „Stromversorgung der Industrie durch öffentliche Elektrizitätswerke und Eigenanlagen". Im Jahre 1934 verbrauchte die Industrie rd. 23 Mrd kWh, die bereits zu 46 % von öffentlichen Werken geliefert wurden. Bei der Frage „Fremdstrom oder Eigenerzeugung" für die Stromversorgung der Industrie wurde auch die Kraft-Wärme-Wirtschaft und die Lieferung überschüssiger elektrischer Energie aus Industrieanlagen an öffentliche Werke erörtert. In der Aussprache wies Herr Prof. Dr.-Ing. Schöne auf die große Bedeutung der Aufnahme überschüssiger Energie aus Brikettfabriken in die öffentliche Stromversorgung für die Volkswirtschaft hin. Bei 90 % der Brikettwerke mit Kesseldrücken unter 20 atü müßten die Dampfkessel wegen hohen Alters in absehbarer Zeit erneuert werden. Bei Sicherstellung des Energieabsatzes könnten dann hohe Kesseldrücke mit nachgeschaltetem Gegendruckkraftwerk gewählt werden. Unter Anwendung von 40 atü Dampfdruck könnten rd. 19 %, von 60 atü 24 %, von 120 atü 30 % der im Jahre 1934 von den öffentlichen Elektrizitätswerken erzeugten Arbeitsmenge von den Brikettfabriken als Überschußenergie abgegeben werden. Derart ließen sich je nach dem angewendeten Dampfdruck zukünftig jährlich zwischen 4,6 und 7,4 Mill t Braunkohle ersparen, deren Wärmemenge zur Erzeugung der gleich großen elektrischen Energie durch Elektrizitätswerke in Kondensatoren vernichtet werden muß.

„Organisationsfragen im Kraftwerksbetrieb" behandelte Herr Dir. Dipl.-Ing. W. Ellrich, Berlin. Im elektrischen Betrieb schützen nur gründliche Reinigung und häufige Überprüfungen der gesamten Anlagen einschließlich aller Betriebsmittel und Geräte vor größeren Störungen. In der Aussprache gab Herr Dipl.-Ing. W. Nöldeke in einem Werksfall die Überholungs- und Instandsetzungskosten an Dampfturbinen zu 50,3 %, an Generatoren zu 12,3 %, an den Kondensatoren zu 30,3 % an. Herr Dr. H. Fiesel, Frankfurt a. M., berichtete über „Fortschritte in der Entwicklung der elektrischen Entstaubungsanlagen". Für Groß-Elektrofilteranlagen wurden Fangtaschenelektroden als Hochleistungselektroden für senkrechten und waagerechten Gasdurchgang mit ausreichenden Erschütterungsvorrichtungen entwickelt. Die Filter werden den jeweiligen industriellen Einrichtungen, wie z.B. in Kraftwerken durch Lotrechtfilter an vorhandene und neue Kesselbauarten angepaßt. Neuerdings sind Elektroentstauber auch ein wichtiger Bestandteil im Fertigungsgang verschiedener Industrien wie in den metallurgischen Betrieben für Zinkoxydabscheidung geworden. Die Kosten der Rauchgaselektrofilter belaufen sich jetzt auf rd. 1000 bis 2000 RM/t installierter Dampfleistung. Bei einem Kraftverbrauch von 0,1 bis 0,2 kWh/1000 m³ Gas und einer Abschreibung von 20 % beträgt die kostenmäßige Belastung je Tonne Dampf 4 bis 8 Rpf.

Auf dem Gebiet der „Elektrolytischen Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen" (Dr. Fischer, Berlin) ist es unter Anwendung besonderer, vor allem elektrochemischer Vorbehandlungsverfahren gelungen, hervorragend haltbare Metallüberzüge auf Leichtmetall (Elytalverfahren) zu erzielen. Die Untersuchung der Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor (S. Meurer, Dresden) konnte mit Hilfe neuer elektrischer Meßvorrichtungen gefördert werden, die der Forderung nach weitgehend trägheitsloser Anzeige bei Aufzeichnung der Düsennadelbewegung, der Markierung des Totpunkts, der Aufzeichnung des Druckverlaufs entsprechen. Vornehmlich sind es neue Schaltungen bei der auf piezoelektrischer Grundlage durchgeführten Druckdifferenzmessung und für Schwachfederdiagramme des Verbrennungsverlaufs. Im Vortrage „Zur Physik der Kunst- und Preßstoffe" (Prof. Dr. Vieweg, Darmstadt) wurde u. a. auch auf die elektrischen Werte dieser Stoffe, deren Schichtabhängigkeit und das Kriechstromverhalten, das je nach dem Ursprungharz verschieden ist, eingegangen. Im Vortrag „Neuzeitliche Trocknungsverfahren" (Dr. Lüthje, Berlin) wurde auch die Trocknung mittels Elektrizität angeführt, bei der neuerdings umfangreiche Versuche im Gange sind, welche darauf abzielen, das Naßgut selbst von elektrischen bzw. magnetischen Wirbelströmen zu durchfluten, d. h. es in den Wirkungsbereich elektrischer Kraftfelder zu bringen. Die dabei auftretende Umsetzungswärme soll dann die Verdunstung bzw. Verdampfung des im Naßgut enthaltenen Wassers herbeiführen.

Der Kohlenstaubmotor hat, wie Herr Prof. Dr.-Ing. Nägel im Auftrage von Herrn Prof. Dr. Stark als Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft mitteilte, ohne besonderen Verdichter zur Einführung des Kohlenstaubes in den Brennraum in der Bauart Schichau, Elbing, seine erste Dauerprobe mit Erfolg bestanden. Der Einzylinder-Staubmotor hat 550 mm Zylinderdurchmesser, 650 mm Kolbenhub und leistet im Dauerbetrieb 200 PS bei 180 U/min. Mit dem Bau eines zweiten Kohlenstaubmotors ist zur Zeit der Bochumer Verein in Gemeinschaft mit der Firma Hanomag beschäftigt; der Motor wird unter Verwertung der Entwürfe von Rudolf Pawlikowski ausgeführt.

Pge.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Der Einfluß des cos φ bei Belastungsänderungen auf die Gestehungskosten der elektrischen Arbeit.

Von H. Marzahl VDE, Halle a. S.

621. 311. 1. 018. 14. 003. 1

Übersicht. Es wird gezeigt, wie man den über den Tag schwankenden cos φ in Versorgungsnetzen bei der Berechnung der Gestehungskosten der elektrischen Arbeit erfassen kann. Die Gleichung der Gestehungskosten wird für den eindeutig festgelegten cos φ z. Z. der Spitze aufgestellt. Im Glied der veränderlichen Kosten werden durch einen Beiwert die größeren Verluste berücksichtigt, die sich auf Grund des mittleren cos φ der Abnahme ergeben. Die Beziehung zwischen dem mittleren cos φ und dem cos φ der Höchstlast wird aufgestellt. An einem Beispiel wird schließlich der Einfluß des schwankenden cos φ auf die Gestehungskosten gezeigt.

Die verschiedenen in den letzten Jahren durchgeführten Betrachtungen über den Einfluß des cos φ auf die Gestehungskosten der elektrischen Arbeit[1] [2] [3] [4] setzen voraus, daß der cos φ in dem behandelten Zeitraum gleich groß bleibt. Die Erzeugungskosten einer kWh erhalten danach in der einfachsten Form folgenden formelmäßigen Ausdruck:

$$s = \underbrace{\frac{a\,c_e}{h\cos\varphi}}_{\text{feste Kosten}} + \underbrace{b\left[1 + \frac{F_{V_w}}{100}\left(\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right)\right]}_{\text{veränderliche Kosten}}. \qquad (1)$$

Hierin bedeuten:

- s gesamte Gestehungskosten in RPf/kWh
- a Leistungspreis in RPf/kW
- b Arbeitspreis in RPf/kWh
- h jährliche Spitzenbenutzungsdauer in h
- F_{V_w} Wirkstromverluste in %
- c_e Beiwert nach Nissel[1], der die Abweichung der Anlagekosten von der Proportionalität mit cos φ angibt.

Während in Gl. (1) mit einem konstanten cos φ, im allgemeinen mit dem mittleren, gerechnet wird, ist in Versorgungsnetzen der cos φ nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen, durch deren Vernachlässigung eine Ungenauigkeit bei der Ermittlung der Arbeitsverluste und der Gestehungskosten entsteht. Hierauf ist schon von verschiedenen Seiten hingewiesen worden[5] [6]. Zur Ermittlung gerechter Kosten müßte man in das Glied der festen Kosten den cos φ z. Z. der Spitze (φ_s) einsetzen, da hierbei der Anteil des Abnehmers an der Kraftwerkspitze maßgebend ist (siehe auch Rolland[7]). Nach obiger Gleichung wäre dann der cos φ_s auch zur Ermittlung der veränderlichen Kosten zu benutzen. Da aber in den normalen Verteilungsnetzen mit vielen Transformatoren der cos φ z. Z. niedrigerer Last kleiner ist als während der Spitze, d. h. der cos φ_s nur wenige Stunden am Tage erreicht wird, erhält man dann für diesen Kostenanteil zu niedrige Werte. Umgekehrt würde die Einführung eines mittleren cos φ (φ_m) zu hohe feste Kosten ergeben. Gerecht wäre es, wenn man in die Gleichung der Gestehungskosten den cos φ zur Zeit der Spitze einsetzt, für das zweite Glied jedoch einen Beiwert vorsieht, der dem Schwanken des cos φ Rechnung trägt.

Hierzu bieten die von Wolf[8] [9] zur Berechnung der Arbeitsverluste aus den Leistungsverlusten aufgestellten Arbeitsverlustfaktoren eine geeignete Handhabe. In der folgenden Untersuchung bedeuten:

- V_{W_s} Leistungsverlust z. Z. der Spitze und bei cos φ = 1,
- V_{S_s} Scheinleistungsverlust zur Zeit der Spitze bei cos φ_s der Spitze,
- V_{B_s} Leistungsverlust z. Z. der Spitze, hervorgerufen durch den Blindstrom,
- ϑ_w Arbeitsverlustfaktor für Wirkstrom,
- ϑ_s Arbeitsverlustfaktor für Scheinstrom bei veränderlichem cos φ,
- T Zeitdauer der Abnahme.

Die Wirkarbeitsverluste oder auch die Gesamtverluste bei unveränderlichem cos φ = 1,0 sind nach Wolf

$$F_{V_w} = T\,V_{W_s}\,\vartheta_w, \qquad (2)$$

die Gesamtverluste bei cos φ

$$F_{V_s} = T\,V_{S_s}\,\vartheta_s. \qquad (3)$$

Wenn der Abnehmer von cos φ = 1,0 = konst. auf Abnahme mit gleichzeitiger Inanspruchnahme von Blindlast übergeht, ist eine Vergrößerung der elektrischen Anlage um $\frac{1}{\cos\varphi_s}$ erforderlich, was schon bei der Ermittlung der festen Kosten berücksichtigt wurde. Hierdurch werden die Arbeitsverluste niedriger als bei der unverstärkten Anlage; der Ausdruck (3) geht also über in

$$F'_{V_s} = T\,V_{S_s}\,\vartheta_s\cos\varphi_s = T\,(V_{W_s} + V_{B_s})\,\vartheta_s\cos\varphi_s. \qquad (4)$$

Berücksichtigt man noch, daß $V_{B_s} = V_{W_s}\left(\frac{1}{\cos^2\varphi_s} - 1\right)$ ist, so sind die durch die Abnahme unter gleichzeitiger Inanspruchnahme von Blindlast hervorgerufenen Mehrverluste

$$\Delta F_V = F'_{V_s} - F_{V_w} = T\,V_{W_s}\left(\vartheta_s\frac{1}{\cos\varphi_s} - \vartheta_w\right) \qquad (5)$$

oder

$$\Delta F_V = T\,V_{W_s}\,\vartheta_w\left(\frac{1}{\cos\varphi_s}\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w} - 1\right) \qquad (6)$$

und schließlich

$$\Delta F_V = F_{V_w}\left(\frac{1}{\cos\varphi_s}\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w} - 1\right). \qquad (7)$$

Hiermit geht also die Gl. (1) über in

$$s = \frac{a\,c_e}{h\cos\varphi_s} + b\left[1 + \frac{F_{V_w}\%}{100}\left(\frac{1}{\cos\varphi_s}\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w} - 1\right)\right]. \qquad (8)$$

Der cos φ ist nunmehr eindeutig in der Gleichung als cos φ der Spitze festgelegt, durch den Beiwert $\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$ ist der Veränderlichkeit des cos φ in dem betrachteten Zeitraum Genüge geleistet.

Nach Wolf ist unter Anwendung der Untersuchungen von Rossander und Tröger

$$\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w} = 1 + [1 - \cos^2\varphi_s]\left[c^2 - 2c + \frac{m_w}{\vartheta_w}(2c - 2c^2) + \frac{c^2}{\vartheta_w}\right]. \qquad (9)$$

---

[1] H. Nissel: Der Einfluß des cos φ auf die Tarifgestaltung der Elektrizitätswerke, Berlin: Verlag Julius Springer 1928; s. a. ETZ 49 (1928) S. 1678.

[2] Siegel-Nissel: Elektrizitätstarife, Berlin: Verlag Julius Springer 1935.

[3] Fr. Brock: Gestehungskosten und Verkaufspreise elektrischer Arbeit, Berlin: Verlag Julius Springer 1930.

[4] B. Krohne: Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten, Berlin: Verlag Julius Springer 1929.

[5] A. Bögh: Über die Vorausberechnung der Jahresverluste in Umformer- oder Umspannwerken mit Hilfe von Belastungskurven. Gesamtbericht der 2. Weltkraftkonferenz Berlin 1930, Band XV. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H.

[6] G. Fritze, Elektr.-Wirtsch. 29 (1930) S. 639.

[7] R. Rolland, ETZ 46 (1925) S. 289.

[8] M. Wolf, ETZ 52 (1931) S. 1267.

[9] M. Wolf, ETZ 53 (1932) S. 1005.

Digitized by Google

$\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$ ist also abhängig vom $\cos\varphi$ der Spitze, vom Belastungsfaktor der Wirklast m_w, von der Netzkonstante c und dem Arbeitsverlustfaktor für Wirklast ϑ_w. Die Konstante c hat in deutschen Netzen und für normale Verhältnisse nach Wolf den Wert 0,2 bis 0,25. Die Werte für ϑ_w und ϑ_s finden sich in den genannten Veröffentlichungen von Wolf. Der Ausdruck (9), der sich auch in der Form

$$\left(\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}-1\right)\left(\frac{1}{1-\cos^2\varphi}\right)=\left(c^2-2c+\frac{m_w}{\vartheta_w}(2c-2c^2)+\frac{c^2}{\vartheta_w}\right) \tag{9a}$$

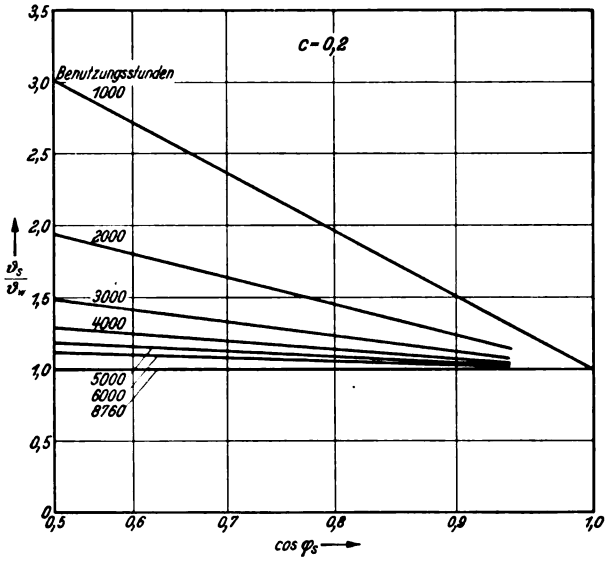


Abb. 1. Der Beiwert $\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$ bei der Netzkonstante $c = 0{,}2$ in Abhängigkeit von dem Spitzen-cos φ für verschiedene Spitzenbenutzungsstunden.

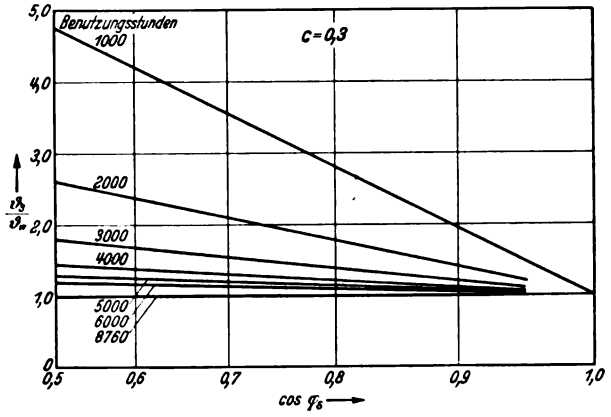


Abb. 2. Der Beiwert $\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$ bei der Netzkonstante $c = 0{,}3$ in Abhängigkeit von dem Spitzen-cos φ für verschiedene Spitzenbenutzungsstunden.

schreiben läßt, stellt für bestimmte Werte von c, m_w und ϑ_w die Gleichung der Asymptoten der gleichseitigen Hyperbel dar. Teilt man daher die Abszisse für $\frac{1}{1-\cos^2\varphi_s}$ hyperbolisch, die Ordinate dagegen linear für $\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}-1$, so erhält man gerade Linien, die ein genaues Ablesen gestatten. In Abb. 1 bis 2 ist die Darstellung gewählt, wobei an Stelle der Werte für $\frac{1}{1-\cos^2\varphi_s}$ die Leistungsfaktoren der Spitzenleistung angeschrieben sind.

Aus diesen Darlegungen geht also hervor, daß nicht nur die festen, sondern auch die veränderlichen Kosten vom Belastungsfaktor abhängen. Hierfür spricht auch die praktische Erfahrung, denn es entspricht bekanntlich jeder Wirklast eine nicht im direkten Abhängigkeitsverhältnis zu ihr stehende Blindlast. Nach Tröger[10]) gilt folgende Gesetzmäßigkeit:

$$L_{B_t} = L_{W_t}(1-c)\operatorname{tg}\varphi_s + L_{W_s} c \operatorname{tg}\varphi_s, \tag{10}$$

worin L_{W_s} die höchste Wirkleistung
L_{W_t} die Wirkleistung zur Zeit t und
L_{B_t} die Blindleistung zur Zeit t bedeutet.

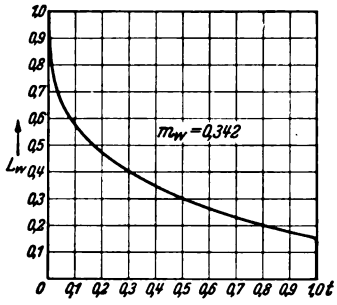


Abb. 3. Geordnete Belastungskurve für den Belastungsfaktor $m_w = 0{,}342$.

Die Blindarbeit schwankt demnach nicht verhältnisgleich mit der Wirkarbeit; bei verschiedenen Belastungsfaktoren sind voneinander verschieden große Wirk- und Blindarbeitsmengen vorhanden, die Verlustarbeitsmengen sind infolge der quadratischen Abhängigkeit in noch größerem Maße voneinander verschieden. Auf die Einheit der Wirkarbeit bezogen erhält man also je nach dem Belastungsfaktor einen anderen Hundertsatz der Arbeitsverluste.

Will man die verschiedenen Tarife mit den nach Gl. (8) ermittelten theoretischen Gestehungskosten vergleichen, die sich also auf $\cos\varphi_s$ beziehen, so ist noch eine Umrechnung der Werte auf $\cos\varphi_m$ nötig, weil im allgemeinen für die Verrechnung ein Leistungsfaktor zugrunde gelegt wird, der aus der in einem bestimmten Zeitraum abgegebenen Wirk- und Blindarbeit gebildet wird, also den mittleren $\cos\varphi$ darstellt. Zur Bestimmung dieses Umrechnungsfaktors bedienen wir uns des von Rossander[11]) aufgestellten mathematischen Ausdruckes für die geordnete Belastungskurve (Abb. 3).

$$L_{W_t} = 1-(1-L_{W_m})\,t^n. \tag{11}$$

L_{W_m} ist die niedrigste Wirkleistung im untersuchten Zeitraum. In der geordneten Belastungskurve sind die einzelnen Belastungen der Größe nach geordnet und zur Vereinfachung der Berechnung die Abszisse sowohl wie die Ordinate in Prozenten der Zeitdauer bzw. der Belastung geteilt, wobei 100 % gleich 1,0 gesetzt ist. Der mittlere $\cos\varphi$ wird aus den abgegebenen Arbeitsmengen über den Ausdruck

$$\operatorname{tg}\varphi_m = \frac{\int_{t=0}^{t=1} L_{B_t}\,\mathrm{d}t}{\int_{t=0}^{t=1} L_{W_t}\,\mathrm{d}t} \tag{12}$$

berechnet.

Die Auflösung des Integrals des Zählers unter Benutzung von Gl. (10) und (11) und für $L_{W_s} = 1{,}0$ ergibt

$$\int_{t=0}^{t=1} L_{B_t}\,\mathrm{d}t = \operatorname{tg}\varphi_s \int_{t=0}^{t=1}\left[1-(1-c)(1-L_{W_m})\,t^n\right]\mathrm{d}t \tag{13}$$

$$\int_{t=0}^{t=1} L_{B_t}\,\mathrm{d}t = \frac{n+c+L_{W_m}(1-c)}{1+n}\operatorname{tg}\varphi_s \tag{13a}$$

und für das Integral des Nenners erhält man

$$\int_{t=0}^{t=1} L_{W_t}\,\mathrm{d}t = \frac{n+L_{W_m}}{1+n}. \tag{14}$$

Somit ist

$$\operatorname{tg}\varphi_m = \frac{n+c+L_{W_m}(1-c)}{n+L_{W_m}}\operatorname{tg}\varphi_s. \tag{15}$$

[10]) R. Tröger, ETZ 41 (1920) S. 905.
[11]) A. Rossander, ETZ 34 (1913) S. 489.

(Schluß folgt.)

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

621. 314. 6. 003 + 621. 314. 5. 003 **Die Wirtschaftlichkeit der Stromrichter.** — H. Haager untersucht die Wirtschaftlichkeit der Stromrichter im Vergleich zu den übrigen im Umformerbetrieb verwendeten Maschinen. Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit des Gleichrichters ist die Höhe der Gleichspannung. Je höher die Gleichspannung, desto niedriger stellen sich die Anlagekosten und desto besser wird der Wirkungsgrad des Gleichrichters. Dem Einankerumformer ist der Gleichrichter deshalb nur für höhere Spannungen, den übrigen Umformern fast stets überlegen. Da sich der Leistungsfaktor proportional der ausgesteuerten Gleichspannung ändert, hat dieser bei Vorliegen einer entsprechenden Tarifform (z. B. Scheinleistungs- und Blindverbrauchstarif) und bei Teilaussteuerung Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit. Eine Kompensierung des Leistungsfaktors ist jedoch möglich, da er fast ausschließlich durch den Verschiebungsfaktor (Phasenverschiebung) verursacht wird. Die wirtschaftlichen Grenzen des netzgeführten Wechselrichters liegen nahezu auf gleicher Höhe wie die des Gleichrichters, während die des selbstgeführten Wechselrichters mit Taktgebermaschine etwas niedriger liegen. Die Umrichter weisen niedrigere Anlagekosten und bessere Wirkungsgrade auf als Maschinenumformer. Der primäre Leistungsfaktor ist — besonders für einen niedrigen sekundären Leistungsfaktor, wie er im Bahnbetrieb auftritt — schlecht und wirkt sich deshalb bei entsprechender Tarifform ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit der Umrichter aus. Der Leistungsfaktor des Umrichters für starre Netzkupplung liegt hierbei höher als der des elastischen Umrichters. Da in letzterem der Anteil des Verzerrungsfaktors (Stromverzerrung) nur gering ist, kann der Leistungsfaktor des elastischen Umrichters durch Kompensierung der Blindleistung wesentlich verbessert werden. Im Gegensatz zu den Maschinenumformern weist der Stromrichter in allen Schaltungen bis zu niedrigen Teilbelastungen gute Wirkungsgrade auf. Die Berücksichtigung aller übrigen Vorzüge, die die Stromrichter gegenüber den Maschinenumformern besitzen, wie geringerer Raumbedarf, Fortfall der Fundamente, einfachere Krananlagen usw., verbessern die wirtschaftliche Überlegenheit der Stromrichter. [K. H. Haager, Diss. T. H. Berlin 1936.] *eb.*

621. 311. 1. 003 (42) **Tagesprobleme der englischen Elektrizitätswirtschaft.** — Zu obigem Bericht in der ETZ 57 (1936) H. 13, S. 371 wird uns folgende Stellungnahme einer maßgebend unterrichteten Stelle mitgeteilt:

Solange die Energieversorgung Großbritanniens noch durch getrennte Einzelunternehmungen erfolgte, galt ihre Störungsfreiheit bereits als gut. Man warf dem britischen Ingenieur sogar vor, er hielte, um Betriebsstörungen nach Möglichkeit auszuschließen, zu sehr an alten überlieferten Bauformen fest, die man als unwirtschaftlich ansah. Durch die Zusammenfassung der Einzelunternehmungen zu einem gemeinsamen Netz wurde der unschätzbare Vorteil gemeinsamer Reserven und gegenseitiger Unterstützung der Werke untereinander erreicht. Es war dadurch möglich, nicht nur die gelegentlichen, bei Freileitungsübertragungen unvermeidlichen Störungen auf ein Mindestmaß und eine Mindestdauer zu begrenzen, sondern auch gleichzeitig den wirtschaftlichen Forderungen gerecht zu werden. Daß der Grad an Störungsfreiheit bemerkenswert hoch ist, geht aus der Tatsache hervor, daß im Jahre 1935 der gesamte auf Störungen zurückzuführende Stromausfall in Großbritannien weniger als 0,0007 % der insgesamt verkauften Kilowattstunden betrug.

W. Es.

621. 364. 5. 003 (494) **Der Elektrowärmeverbrauch in den Haushaltungen, Hotels, Bäckereien und Konditoreien der Schweiz im Jahre 1934.** — Das Sekretariat des VSE hat auch für das vergangene Jahr wieder eine Befragung seiner Mitgliedswerke über die Verbreitung von Elektrowärmegeräten durchgeführt. An dieser Ermittlung waren 224 Elektrizitätswerke beteiligt, die etwa 85,5 % der gesamten Schweizer Bevölkerung mit Strom versorgten. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im wesentlichen in nachstehender Zahlentafel zusammengefaßt:

Art des Gerätes	Anzahl der Geräte 1933	Anzahl der Geräte 1934	Zunahme in %	mittlerer Anschlußwert je Gerät kW	Jahresstromverbrauch je Gerät kWh	Durchschnittsstrompreis Rpf je kWh*)
Haushaltherd . . .	17 400	85 000	9,8	4,62	1 238	5,4
Großküchenherd .	2 450	2 760	12,7	9,9	5 650	4,7
Heißwasserspeicher	123 500	136 000	10,1	1,4	1 898	3,1
Futterdämpfer . .	2 140	2 150	0,5	2,35	2 535	3,2
Bäckereiöfen . . .	349	352	0,9	37,5	72 200	2,45
Konditoreiöfen . .	457	519	13,6	11,9	14 450	3,65
Kleingeräte	872 500	917 000	5,1	0,61	88,4	9,65

*) 1 Rpf = 1,23 Rappen.

Wenn man diese Zahlen mit den in Deutschland erzielten Ergebnissen vergleicht[1]), so ist zunächst festzustellen, daß die prozentuale Zunahme der Geräte in Deutschland wesentlich größer war als in der Schweiz, was wohl in erster Linie auf den allgemeinen Aufbauwillen in Deutschland zurückzuführen ist. So betrug z. B. der prozentuale Zuwachs in Haushaltherden 51,4 %, der Großküchenherde 38 %, der Heißwasserspeicher 41,6 %.

Beachtenswert ist, daß in der Schweiz die absolute Zahl der Heißwasserspeicher immer noch die der Elektroherde bei weitem überwiegt, während in Deutschland die Zunahme der Heißwasserspeicher bisher mit den Elektroherden nicht Schritt halten konnte (85 476 Heißwasserspeicher im Vergleich zu 235 000 Elektroherden).

Die Zahl der Großküchen ist mit den deutschen Angaben nicht ohne weiteres zu vergleichen, da in Deutschland unter Großküche eine Anlage verstanden wird, die mindestens 15 kW Anschlußwert aufweist, während in der gleichen Spalte in der Schweiz auch wesentlich kleinere Anlagen mit aufgeführt werden. [Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 26 (1935) S. 633.] *Mö.*

[1]) Siehe Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 400.

AUS INDUSTRIE, HANDEL UND GEWERBE.

Marktregelung in der Elektro-Beleuchtungs-Industrie. — Am 12. 6. 1936 hat der „Wirtschaftsverband der Deutschen Beleuchtungskörper-Industrie" in Eisenach eine erweiterte Mitgliederversammlung abgehalten. Die Erfolge dieses Verbandes auf dem Gebiete der Marktregelung für die Beleuchtungskörper-Industrie haben den Wunsch wach werden lassen, eine ähnliche Marktregelung für die Zweckleuchten- und Porzellanleuchten-Industrie in Angriff zu nehmen. Der bisher nur die Wohnraumleuchten-Industrie umfassende Verband hat sich daher auf die gesamte Elektro-Beleuchtungs-Industrie ausgedehnt und den Namen „Wirtschaftsverband der Elektro-Beleuchtungs-Industrie" angenommen. Vorsitzender ist der Leiter der Fachgruppe 18 der Wirtschaftsgruppe Elektro-Industrie, Herr von Rauchhaupt.

Handelsregistereintragungen. — Gebr. Schmitt, Elektrotechnische Fabrik, Ensheim: Herstellung und Handel elektrotechnischer Erzeugnisse; Detex-Union Gesellschaft für Radio-, Phono- und Elektro-Erzeugnisse m. b. H., Berlin (20 000 RM): Fabrikation und Vertrieb von technischen Spezialerzeugnissen der Radio-, Phono- und Elektrobranche; Elma Elektrometall G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Verwertung von Verfahren zur Herstellung von Metallen und Metallerzeugnissen aller Art, insbesondere von Leichtmetallen auf elektrischem Wege und Vertrieb derselben unter dem Namen Elma; Wilhelmswerk, Fabrik für Apparate der Fernmeldetechnik, Telegraphenbauzeug und Eisenkonstruktionen aller Art, G. m. b. H., Vohwinkel (150 000 RM): Fabrikation von Apparaten der Fernmeldetechnik und Eisenbauten aller Art.

Jubiläum. — Im Juli d. J. konnte die lichttechnische Spezialfabrik Dr.-Ing. Schneider & Co. in Frankfurt/Main auf 25 Jahre ihres Bestehens zurückblicken. Im Jahre 1911 gegründet, hat die Firma einen immer größeren Aufschwung genommen.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie).

Elektro-Außenhandel 1935 in Estland, Lettland, Litauen. — Die in den Zahlentafeln dargestellte Elektroeinfuhr 1935 der Länder Estland, Lettland, Litauen zeigt für Estland und Litauen mit einer über 50proz. Zunahme gegenüber 1934 die gleich günstige Entwicklung, während die Gesamt-Elektroeinfuhr Lettlands gegenüber 1934 fast unverändert geblieben ist. In Estland (Zahlentafel 1 a und b) haben mit Ausnahme der Maschinen sämtliche Warengruppen eine Einfuhrzunahme zu verzeichnen. Am größten war die Steigerung bei Rundfunkgeräten, so daß diese Gruppe, die 1933 nur 14 % und 1934 21,5 % der Gesamteinfuhr ausmachte, nunmehr fast 40 % der Einfuhr bestreitet. Auch in Lettland (Zahlentafel 2 a und b) ist die Einfuhr der Funkgeräte, wenn auch in weit geringerem Maße als in Estland, gestiegen, ebenso wurden mehr Schalt- und Sicherheitsapparate, Kohle, Staubsauger usw., Telegraphie und Telephonie mit Draht eingeführt, während die Einfuhr der übrigen Gruppen zurückging. Bei Litauen (Zahlentafel 3 a und b) war Hauptträger der Zunahme gegenüber 1934 die Gruppe Telegraphie und Telephonie mit Draht, deren Anteil an der Gesamteinfuhr von 3 % auf über 30 % stieg. Die Betrachtung der Lieferländer zeigt Deutschland in Estland und Lettland nach wie vor an erster Stelle, in Estland mit abgeschwächtem, in Lettland mit steigendem Anteil an der Gesamteinfuhr. An zweiter Stelle stehen in beiden Ländern mit wachsendem Anteil die Niederlande, gefolgt von Großbritannien, V. S. Amerika und Schweden. In Litauen hat Großbritannien 1935 über die Hälfte der Einfuhr geliefert. Deutschland ist an die zweite Stelle getreten, es folgen Niederlande, Tschechoslowakei und Belgien.

Zahlentafel 1a.

Estland: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Gegenstand	1933		1934		1935		Anteil a. d. Ges.-El.-Einfuhr		
	dz	1000 RM	dz	1000 RM	dz	1000 RM	1933 %	1934 %	1935 %
Elektr. Maschinen, Transformatoren und Teile	269	86	679	230	438	138	8,0	17,9	7,0
Kabel und isolierte Drähte	3089	266	2888	195	4518	267	24,8	15,3	13,7
Schalt- und Sicherheitsapparate	500	136	491	123	616	153	12,7	9,6	7,9
Glühlampen	142	189	242	203	245	231	17,7	15,9	11,9
Rundfunkgeräte und Teile davon	86	151	246	275	1017	756	14,1	21,5	38,9
Sonstige		241		253		400	22,7	19,8	20,6
Insgesamt		1069		1279		1945	100	100	100

Zahlentafel 1b.

Estland: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer*)	1933	1934	1935	Anteil a. d. Ges.-El.-Einf. 1933	1934	1935
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Deutschland	727	691	1024	68,0	54,0	52,6
Niederlande	86	101	328	8,0	7,9	16,9
Großbritannien	66	70	170	6,2	5,5	8,7
Schweden	46	124	111	4,3	9,7	5,7
V. S. Amerika	20	66	111	1,9	5,2	5,7
Sonstige Länder	124	227	201	11,6	17,7	10,4
Insgesamt	1069	1279	1945	100	100	100

*) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1935.

Zahlentafel 2a.

Lettland: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Gegenstand	1933		1934		1935		Anteil a. d. Ges.-El.-Einfuhr		
	dz	1000 RM	dz	1000 RM	dz	1000 RM	1933 %	1934 %	1935 %
Elektr. Maschinen, Transformatoren u. Teile davon	1335	254	2484	521	2745	482	18,6	28,2	25,4
Schalt- u. Sicherheitsapparate	751	277	629	299	847	375	20,2	16,1	19,9
Elektr. Meß- und Zählvorrichtungen	64	77	91	107	51	101	5,6	5,8	5,3
Glühlampen und Teile davon	516	166	573	150	231	112	12,1	8,1	6,0
Rundfunkgeräte	58	231	110	437	181	477	16,9	23,6	25,2
Sonstige		361		337		344	26,6	18,2	18,2
Insgesamt		1366		1851		1891	100	100	100

Zahlentafel 2b.

Lettland: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer*)	1933	1934	1935	Anteil a. d. Ges.-El.-Einf. 1933	1934	1935
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Deutschland	793	1036	1186	58,0	56,0	62,7
Niederlande	177	381	414	12,9	20,6	21,9
Großbritannien	68	68	93	5,0	3,7	4,9
V. S. Amerika	60	85	65	4,4	4,6	3,5
Sonstige Länder	268	281	133	19,7	15,1	7,0
Insgesamt	1366	1851	1891	100	100	100

*) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1935.

Zahlentafel 3b.

Litauen: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer*)	1933	1934	1935	Anteil a. d. Ges.-El.-Einf. 1933	1934	1935
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Großbritannien	70	457	1540	4,2	24,2	51,3
Deutschland	1037	817	407	62,8	43,4	13,5
Niederlande	285	280	391	17,3	14,8	13,0
Tschechoslowakei	20	37	173	1,2	2,0	5,8
Sonstige Länder	240	296	493	14,5	15,6	16,4
Insgesamt	1652	1887	3004	100	100	100

*) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1935.

Zahlentafel 3a.

Litauen: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Gegenstand	1933		1934		1935		Anteil a. d. Ges.-El.-Einfuhr		
	dz	1000 RM	dz	1000 RM	dz	1000 RM	1933 %	1934 %	1935 %
Elektr. Maschinen, Transformatoren u. Teile davon	981	184	1195	288	1295	285	11,7	15,3	9,5
Kabel und isolierte Drähte	1629	142	4358	314	4383	356	8,6	16,6	11,8
Elektr. Meß- und Zählvorrichtungen	79	81	111	83	80	74	4,9	4,4	2,5
Telegraphie und Telephonie mit Draht	18	39	35	55	1024	947	2,4	2,9	31,5
Rundfunkgeräte und Teile davon	553	484	610	481	901	673	29,3	25,5	22,4
Sonstige		712		666		669	43,1	35,3	22,3
Insgesamt		1652		1887		3004	100	100	100

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Ausschuß für Bergwerksanlagen.

(Fortsetzung von S. 934.)

B. Elektrische Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

§ 9.

Elektrische Maschinen.

a) Elektrische Maschinen müssen so aufgestellt werden, daß die erforderliche Kühlung gesichert ist.

b) Elektrische Maschinen sind gegen Ablagerungen von Fremdkörpern aus der Umgebung, gegen mechanische Beschädigung, Eindringen von Tropfwasser u. dgl. zusätzlich zu schützen, sofern ein solcher Schutz nach Art und Ort der Verwendung erforderlich und nicht durch die Bauart der Maschine selbst gegeben ist. Zusätzliche Einrichtungen zur Unfallverhütung (z. B. Schutz gegen Berührung umlaufender Teile) müssen vorgesehen werden, soweit sie nicht schon durch die Bauart der Maschine gegeben sind.

§ 10.

Transformatoren.

a) Transformatoren müssen so aufgestellt sein, daß die erforderliche Kühlung gesichert ist.

b) Öltransformatoren müssen Ausdehnungsgefäße haben.

c) Öltransformatoren müssen in feuersicheren Räumen aufgestellt werden.

Vorrichtungen zur Aufnahme auslaufenden und zur selbsttätigen Löschung brennenden Öles sind vorzusehen.

d) Der Ölstand im Kessel von Öltransformatoren muß erkennbar sein; ferner muß an diesem ein Ölablaß vorhanden sein. Auch muß die Möglichkeit bestehen, Ölproben aus dem Transformator zu entnehmen.

e) Öltransformatoren dürfen nur mit Öl nach VDE 0370 „Vorschriften für Schalter- und Transformatorenöle" gefüllt werden.

f) Werden Öltransformatoren so aufgestellt, daß bei einem Brande die Gase vor belegte Baue ziehen können, so müssen die Aufstellungsräume durch feuersichere Türen, Klappen oder dgl. leicht und möglichst dicht verschlossen werden können.

g) Bei Öltransformatoren unter 100 kVA, bei denen im Falle eines Brandes die Gase nicht vor belegte Baue ziehen können, entscheidet die Bergbehörde, ob Erleichterungen von den Forderungen unter c) zugelassen werden können.

h) Für Salzbergwerke sind Ausnahmen von den Bestimmungen der Vorschriften c) und f) zulässig.

§ 11.

Akkumulatoren.

a) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell und dieses gegen Erde zu isolieren.

b) Die vorstehende Bestimmung gilt nicht für kleinere vergossene Zellen, wenn diese nur so geringe Ladeströme erhalten, daß merkliche Säuredünste nicht entstehen oder wenn die Ladung an anderer Stelle erfolgt. Die Zellen müssen eine Entgasungsvorrichtung haben.

c) Die Verwendung von Akkumulatoren mit Zelluloid als Bauteil ist verboten.

d) In Akkumulatorenräumen und Laderäumen müssen die Betriebsmittel vor schädlichen Einwirkungen des Elektrolyten geschützt werden.

e) Für ausreichende Bewetterung dieser Räume ist zu sorgen.

f) Zur Beleuchtung der Akkumulatorenräume sind nur Glühlampen zulässig, die mit Überglocken abgeschlossen sind.

C. Schalt- und Verteilungsanlagen.

§ 12.

Schaltung.

a) In jeder Verteilungsanlage müssen die Zu- und Ableitungen durch Leistungsschalter, Trennschalter oder Sicherungen abtrennbar sein.

Abzweigstellen mit höchstens 2 Abzweigen von einer durchgehenden Leitung gelten nicht als Verteilungsanlagen.

Bei Betriebsspannungen von 1000 V und darüber müssen die Zuführungsleitungen durch Leistungsschalter abtrennbar sein.

Hiervon darf abgesehen werden, wenn nicht mehr als 3 abgehende Leitungen vorhanden sind und in jede dieser Leitungen ein Leistungsschalter eingebaut ist.

b) Bei Betriebsspannungen von 1000 V und darüber müssen Selbstschalter und ferngesteuerte Schalter durch unmittelbar vorgeschaltete Trennschalter oder Trennsicherungen spannungslos gemacht werden können.

Können Selbstschalter und ferngesteuerte Schalter von beiden Seiten Spannung erhalten, so müssen auch hinter ihnen Trennschalter oder Trennsicherungen vorhanden sein.

Für Leistungsschalter ohne Selbstauslösung und Leistungsschalter ohne Fernbetätigung, bei denen die vollzogene Trennung der einzelnen Trennstücke von außen nicht zuverlässig erkennbar ist, gelten diese Vorschriften ebenfalls.

Für 2 oder mehr zu einer Betriebseinheit (z. B. Haspelausrüstung) gehörende Leistungsschalter genügt ein gemeinsamer Trennschalter.

§ 13.

Ausführung von Schalt- und Verteilungsanlagen und Schalträumen.

a) Die Verwendung von Ölschaltern mit Überstromauslösern ist nach Möglichkeit einzuschränken.

b) Sammelschienen und die an sie angeschlossenen Abzweige müssen so bemessen, angeordnet und angebracht werden, daß sie den zu erwartenden thermischen und dynamischen Kurzschlußbeanspruchungen gewachsen sind.

c) Die Bedienungsgänge der Schalttafeln und -gerüste müssen hinreichend hoch und breit bemessen sein.

Die Entfernung zwischen ungeschützten, Spannung gegen Erde führenden Teilen der Schaltanlage und der gegenüberliegenden Wand muß mindestens 1 m betragen. Werden beiderseits ungeschützte, Spannung gegen Erde führende Teile in erreichbarer Höhe angebracht, so müssen sie in der Waagerechten etwa 2 m voneinander entfernt sein.

Gänge vor abgeschlossenen Schaltzellen müssen mindestens 1 m breit sein. In Gängen, die nur Kabelendverschlüsse, Sammelschienen und Leitungsverbindungen unter Schutz gegen zufällige Berührung enthalten, die also nicht betriebsmäßig, sondern nur zur Nachprüfung betreten werden, darf die freie Breite bis auf 0,6 m verringert werden.

In Gängen sollen Spannung führende Teile besonders geschützt sein, wenn sie weniger als 2,5 m hoch liegen.

d) Schalt- und Verteilungstafeln, -gerüste und -kasten, die nicht von der Rückseite zugänglich sind, müssen so beschaffen sein, daß die Zu- und Ableitungen nach der Befestigung der Tafel auf der Vorderseite oder am Rand angeschlossen werden können. Die Klemmstel-

Digitized by Google

len der Zu- und Ableitung dürfen nicht auf der Rückseite liegen. Bei Metalltafeln ist das Durchführen dieser Leitungen durch einzelne Bohrungen der Tafeln nur unter Verwendung von Schutzhüllen oder -rohren aus festem Isolierstoff zulässig. Hohlklemmen dürfen nicht verwendet werden.

e) Bei Verteilungstafeln nach d) muß verhindert werden, daß Fremdkörper an die Rückseite der Tafel gelangen.

f) Von blanken Spannung führenden Teilen müssen Schutzvorrichtungen, Rohre, Wände und sonstige metallene Gegenstände einen Mindestabstand nach Tafel IV haben.

Tafel IV.

1 Art des Schutzes	2 Abstand mm mindestens
Geländer	500
Gitter, Gittertüren	a + 100
Blechverkleidungen, Blechtüren, Rohre, Kabelbewehrungen u. dgl.	a + 30
Gekapselte Geräte	a
Nicht metallene Wand	a

Der Wert für a ist aus Tafel V zu entnehmen.

Tafel V.

1 V	2 a mm
bis 125	15
über 125 ··· 1000	40
„ 1000 ··· 3000	75
„ 3000 ··· 10000	125

g) In jeder Verteilungsanlage ist für jeden Stromkreis der Verwendungszweck und Leitungsquerschnitt anzugeben.

h) Bei Schaltanlagen für verschiedene Stromarten und Spannungen müssen die Einrichtungen für jede Stromart und Spannung entweder auf getrennten und entsprechend bezeichneten Feldern angeordnet oder deutlich gekennzeichnet sein.

i) Bei Schaltungen, die von der Rückseite betriebsmäßig zugänglich sind, ist die Polarität von Leitungsschienen u. dgl. kenntlich zu machen.

D. Geräte.

§ 14.

Schalter.

a) Schalter müssen den an der Verwendungsstelle betriebsmäßig auftretenden Strömen und Schaltbeanspruchungen gewachsen sein.

b) Schalter mit Überstromauslösung müssen der am Verwendungsort auftretenden Kurzschluß-Ausschaltleistung gewachsen sein, soweit nicht die Kurzschlußabschaltung durch andere Schalter oder Stromsicherungen übernommen wird.

c) Schalter, die zur Abschaltung von Verbrauchern dienen, müssen diese allpolig abschalten.

Ausgenommen sind Schalter vor ortsfesten Glühlampengruppen, in Fernmeldeanlagen und Schalter, die bei Spannungen bis 250 V gegen Erde unmittelbar an ortsveränderlichen Stromverbrauchern angebaut sind, sofern die Nennaufnahme nicht größer als 2500 W und der Nennstrom nicht größer als 25 A — bei Gleichstrom 6 A — ist und die Außerspannungsetzung der Stromverbraucher durch einen weiteren Schalter oder eine dazu geeignete Steckvorrichtung vorgenommen werden kann.

d) Die Schalter dürfen Schutzleitungen [siehe § 6 c), Ziffer 2] entweder gar nicht oder nur gemeinsam mit den übrigen zugehörenden Leitern oder nacheilend trennen.

e) Schalter müssen, wenn es ihre Bauart erfordert, so angeordnet sein, daß sie nicht durch Schwerkraft, Stoß oder dgl. selbsttätig ein- oder ausschalten können.

f) In Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber sind nur solche Schalter zulässig, deren Anzeigevorrichtung in Werkstoff und Bauart zuverlässig und so ausgeführt ist, daß sie nicht die Stellung des Antriebes, sondern die des Schalters selbst anzeigt.

g) In Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber dürfen nur solche Trennschalter verwendet werden, bei denen die vollzogene Trennung der einzelnen Trennstücke von außen zuverlässig erkennbar ist.

h) Am Antrieb von Leistungsschaltern muß der Schaltsinn zweifelsfrei erkennbar sein.

In der gleichen Schaltanlage muß der Betätigungssinn gleichartiger Betätigungsorgane überall der gleiche sein.

i) Leistungsschalter mit Schutzwiderständen unter Öl sind nicht zulässig.

k) Ölschalter dürfen nur mit Öl nach VDE 0370 gefüllt werden.

l) Werden Ölschalter mit Überstromauslösern mit mehr als 75 % ihrer Nenn-Ausschaltleistung beansprucht, so sind die Vorschriften § 10 b) bis h) sinngemäß anzuwenden. Ausgenommen sind Ölschalter mit einem Ölinhalt bis zu 3 kg.

m) Schaltstangen müssen aus mechanisch widerstandsfähigem Isolierstoff bestehen und einer Prüfspannung gleich der 3-fachen Betriebsspannung genügen. Bei Schaltstangen und Schaltzangen mit Holzschaft muß zwischen Handhabe und Betätigungsteil ein besonderes Zwischenstück aus Isolierstoff der erwähnten Spannungsfestigkeit vorhanden sein. Die zulässige Grifflänge muß durch die Formgebung (z. B. Wulst oder Scheibe) begrenzt sein. Auf Schaltstangen und Schaltzangen ist die Spannung, bis zu der die betreffende Stange oder Zange benutzt werden darf, anzugeben.

Schaltstangen und Schaltzangen mit Erdungsvorrichtungen sind unzulässig.

§ 15.

Anlasser, Steuer- und Widerstandsgeräte.

a) Anlasser, Steuer- und Widerstandsgeräte sind so aufzustellen, daß ihre Strom- und Spannungsfestigkeit und ihre mechanischen und sonstigen für den gefahrlosen Betrieb wesentlichen Eigenschaften ausreichend gewahrt bleiben.

Bei der Aufstellung von Widerstandsgeräten ist darauf zu achten, daß die erforderliche Wärmeabführung gesichert ist.

b) Läuferanlasser von Einphasen- und Drehstrommotoren müssen so angeschlossen werden, daß mit ihnen der Läuferkreis nicht unterbrochen werden kann.

§ 16.

Steckvorrichtungen.

a) Nur Steckvorrichtungen dürfen verwendet werden, bei denen das Einstecken und Ausziehen des Steckers unter Leistung nicht vorgenommen werden kann oder eine Betätigung durch Unbefugte verhindert ist.

Dieses gilt nicht für Steckvorrichtungen bei Spannungen bis 250 V gegen Erde, wenn die Nennaufnahme des Stromverbrauchers nicht größer als 2500 W und sein Nennstrom nicht größer als 25 A — bei Gleichstrom 6 A — ist.

b) Bei Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde dürfen auch nach erfolgter Trennung Spannung führende Teile einer unmittelbaren oder mittelbaren Berührung nicht zugänglich sein.

c) Bei Kleinspannungen dürfen nur Stecker verwendet werden, die nicht in Dosen für höhere Spannungen passen.

d) Für den Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher an eine Schutzleitung dürfen nur Steckdosen mit Schutzkontakt verwendet werden, in die Stecker ohne Schutzkontakt nicht eingeführt werden können.

e) Nur Steckvorrichtungen dürfen verwendet werden, bei denen der Schutzkontakt den Polkontakten mindestens gleichwertig ausgeführt ist.

§ 17.

Schmelz- und Durchschlagsicherungen.

a) Schmelz- und Durchschlagsicherungen müssen so gebaut oder angebracht sein, daß die Umgebung durch etwa auftretende Lichtbogen oder durch eine Zerstörung der Sicherung beim Ansprechen nicht gefährdet wird.

b) Sicherungen, die nicht spannungslos gemacht werden können, müssen so angeordnet werden, daß sie von

Digitized by Google

unterwiesenen Personen gefahrlos ausgewechselt werden können.

c) Bei Schraubstöpselsicherungen sind die Gewindeteile der Fassungen mit der abgehenden Leitung zu verbinden.

d) Bei Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber müssen vor den Schmelzsicherungen Trennstellen liegen, die ein Auswechseln der Sicherungen im spannungslosen Zustande ermöglichen. Ausgenommen hiervon sind Sicherungen für Spannungswandler.

E. Ortsveränderliche Betriebsmittel.

§ 18.

a) Handgeräte mit eingebautem Antrieb — z. B. Bohrmaschinen und sonstige Elektrowerkzeuge — dürfen bei Wechselstrom nur mit Betriebsspannungen bis 125 V, bei Gleichstrom nur mit Spannungen bis 250 V gegen Erde betrieben werden.

In trockenen Grubenräumen sind bei Wechselstrom Betriebsspannungen bis 250 V zulässig.

b) An Handgeräten mit eingebautem Motor, Schräm- und Kerbmaschinen müssen Ausschaltvorrichtungen angebaut sein [siehe auch § 14 c)].

c) Als Zuleitung zu ortsveränderlichen Geräten dürfen nur Gummischlauchleitungen starker Ausführung NSH nach VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L." verwendet werden. Die Zuleitung muß an der Einführungsstelle gegen starke Verbiegung oder Verletzung (z. B. durch scharfe Metallränder) geschützt sein.

An beiden Enden der Anschlußleitung sind die Leitungseinführungen derart auszubilden, daß die Anschlußstellen von Zug entlastet, die Leitungsumhüllungen gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert sind.

F. Beleuchtungsanlagen.

§ 19.

a) Leuchten und Zubehör müssen mindestens für 250 V gebaut sein.

Kleinere Fassungen als Edison-Fassung E 27 sind nur in Fernmeldeanlagen zulässig.

Beleuchtungsanlagen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde sind nur als ortsfeste Anlagen im Anschluß an Gleichstrombahnen zulässig; dabei dürfen nur Fassungen verwendet werden, deren äußere Teile ganz aus Isolierstoff bestehen.

b) Beleuchtungsstromkreise dürfen — unbeschadet der Absicherung der Leitungen nach § 8 — bei Gleichstrom mit Stromsicherungen bis höchstens 15 A Nennstrom, bei Wechselstrom mit solchen bis höchstens 25 A Nennstrom geschützt werden. Diese Stromsicherungen müssen unverzögert abschalten.

c) Die Spannung führenden Teile der eingesetzten Glühlampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein. Der Schutz gegen zufälliges Berühren muß während des Einsetzens und Herausnehmens der Lampen wirksam sein.

d) Fassungen mit Handschalter sind nicht zulässig.

e) Zuleitungen dürfen nicht als Träger des Beleuchtungskörpers verwendet werden.

f) Leitungen müssen in feuchten Räumen so in die Leuchten eingeführt werden, daß Feuchtigkeit nicht eindringen kann.

g) Leitungsanschlüsse in Leuchten müssen von Zug entlastet sein.

G. Beschaffenheit, Bemessung, Verlegung und Anschlüsse von Leitungen.

§ 20.

Zulässige Leitungen.

a) Isolierte Leitungen müssen VDE 0250, Bleikabel VDE 0255 „Vorschriften für Bleikabel in Starkstromanlagen V.S.K." entsprechen oder diesen gleichwertig sein.

Als an der Stromführung beteiligter, nicht zur Nullung verwendeter Nulleiter ist bei isolierten Leitungen die hellgraue Ader, bei Bleikabeln die naturfarbene Ader zu verwenden. Als Schutzleiter ist bei isolierten Leitungen und bei Bleikabeln die rote Ader zu verwenden.

b) Zulässig in nicht schlagwettergefährdeten Grubenräumen sind:

1. Blanke ungeschützte Leitungen
   als geerdete Leitungen [siehe § 22 h)],
   als Fahrdrähte (siehe § 23),
   in Fernmeldeanlagen (siehe §§ 31 bis 35).
2. Gummiaderleitungen (NGA) für Betriebsspannungen bis 750 V bei zuverlässigem mechanischen und Feuchtigkeitsschutz als Verbindungsleitungen zwischen Widerständen, Anlaß- und Steuergeräten und auf Fahrdraht-Lokomotiven.
3. Kabelähnliche Leitungen für Spannungen bis 250 V gegen Erde, und zwar:
   umhüllte Rohrdrähte (NRU),
   Bleimantelleitungen
   mit Faserstoffbeflechtung (NBU),
   mit Eisenbandbewehrung (NBEU)
   in elektrischen Betriebsräumen, abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen, Füllörtern.
4. Gummischlauchleitungen starker Ausführung (NSH) für Betriebsspannungen bis 750 V
   für feste Verlegung außer in Schächten und einfallenden Strecken von mehr als 60 ° Neigung, für ortsveränderliche Geräte und im Abteufbetrieb, wenn sie mit 5-facher Sicherheit selbsttragend oder durch besondere Mittel von Zug entlastet sind.
5. Leitungstrossen (NT)
   für besonders hohe mechanische Anforderungen, besonders Abteufbetriebe, wenn sie mit 5-facher Sicherheit selbsttragend sind.
6. Bewehrte Bleikabel.
   Frei verlegte Kabel dürfen keine Umhüllung haben, die ohne Wärmezufuhr weiter brennt.
   Ist das Kabel chemischen Einflüssen durch Tropfwasser, Grubenwetter u. dgl. ausgesetzt, so muß es mit einem chemisch widerstandsfähigen, das Kabel nicht angreifenden Schutzmittel, z. B. Anstrich, versehen sein, sofern nicht die Bewehrung aus einem Metall besteht, das den chemischen Einflüssen standhält.
7. Unbewehrte Bleikabel.
   Als Einleiterkabel für Wechselstrom dürfen unbewehrte Kabel nur dann verwendet werden, wenn anderweitig für einen ausreichenden mechanischen Schutz gesorgt ist.
8. In Schächten und einfallenden Strecken von mehr als 45 ° Neigung dürfen nur bewehrte Kabel verwendet werden, deren Bewehrung aus Stahl- oder Bronzedrähten besteht und mit mindestens 3-facher Sicherheit selbsttragend ist, oder die auf andere Weise von Zug entlastet sind.
   Im Abteufbetrieb muß die Bewehrung mit 5-facher Sicherheit selbsttragend oder das Kabel auf andere Weise von Zug entlastet sein.

c) Zulässig in schlagwettergefährdeten Grubenräumen sind:

1. blanke Leitungen nur als Erdungsleitungen,
2. isolierte Leitungen nur als Bleikabel, kabelähnliche Leitungen oder Gummischlauchleitungen starker Ausführung NSH.

§ 21.

Bemessung der Leitungen.

a) Leitungen sind so zu bemessen, daß sie bei den vorliegenden Betriebsverhältnissen genügende mechanische Festigkeit haben, keine für die Leitung selbst schädliche oder für die Umgebung gefährliche Temperatur annehmen und die kleinste für satten zweipoligen Kurzschluß sich errechnende Stromstärke mindestens das 3-fache des Nennstromes einer vorgeschalteten Stromsicherung beträgt.

b) Für Leitungen mit Kupferleitern ist die zulässige Belastung Tafel II in § 8 zu entnehmen.

c) Bei aussetzendem Betrieb ist der quadratische Mittelwert der Stromstärke für die Leitungsbemessung zugrunde zu legen, falls die Spieldauer 10 min nicht übersteigt.

d) Bei Temperaturen der Umgebung über 30 ° ist die Belastung entsprechend herabzusetzen.

Digitized by Google

§ 22.

Leitungsverlegung und Leitungsanschlüsse.

a) Leitungen müssen so verlegt werden, daß sie soweit als möglich vor mechanischer Beschädigung — besonders durch entgleisende Fahrzeuge — geschützt sind.

Leitungen dürfen nicht in Kanälen verlegt werden, die durch Vermauern oder Betonieren allseitig abgeschlossen sind. Sie müssen für die Überwachung und Instandsetzung leicht zugänglich sein.

b) Der Abstand der Aufhängestellen von Bleikabeln darf im allgemeinen nicht größer als 3 m sein. In Schächten und einfallenden Strecken von mehr als 45 ° Neigung darf der Abstand der Befestigungsstellen nicht größer als 10 m sein.

c) Leitungen sind im allgemeinen — dem wechselnden Gebirgsdruck Rechnung tragend — mit Durchhang zu verlegen.

d) Isolierte Leitungen müssen so befestigt werden, daß sie nicht verletzt, besonders die Bleimäntel von Bleikabeln nicht eingedrückt werden.

e) Zur Verbindung, Abzweigung und Einführung von Leitungen sind Muffen, Abzweigdosen, Endverschlüsse oder gleichwertige Mittel derart zu verwenden, daß:

1. ein guter elektrischer Anschluß der Leitungen ermöglicht, ein dauernder genügender Abstand der Leitungen voneinander und von leitfähigen, der Berührung zugänglichen Bauteilen gesichert ist;
2. die Anschlußstellen von Zug entlastet sind, sofern mit dem Auftreten von Zugbelastungen zu rechnen ist;
3. das Eindringen von Feuchtigkeit in Papier- oder sonstige Faserstoffisolation der Leitung sowie das Austreten von Tränkmasse nach Möglichkeit unterdrückt wird;
4. die Verbindungsstellen in einer der übrigen Isolation gleichwertigen Weise isoliert sind;
5. die Schutzumhüllungen der Leitungen in die Schutzverkleidungen der Betriebsmittel eingeführt werden können.

f) Die Verbindung der Leitungen untereinander darf nur durch Lötung, Verschraubung, Kerbverbindung, Keilzwingen, Nietung oder Schweißung erfolgen.

Der Anschluß der Leitungen an Maschinen, Transformatoren, Geräte und Sammelschienen muß durch Verschraubung erfolgen. Bei mehrdrähtigen Leitungen müssen die einzelnen Drähte jeder Leitung an den Enden miteinander verlötet sein oder es sind Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel zu verwenden, die das Abspleißen einzelner Drähte verhindern. Vermindern des Leitungsquerschnittes an den Anschluß- und Verbindungsstellen unter einen dem zu führenden Strom entsprechenden Querschnitt ist unzulässig.

Mehrdrähtige Leitungen über 6 mm² sowie massive Leitungen über 16 mm² Querschnitt müssen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitteln angeschlossen werden.

g) Metallene Schutzverkleidungen, besonders Bewehrungen und Metallmäntel von Bleikabeln und kabelähnlichen Leitungen, sind zu erden oder zu nullen.

An Abzweig- und Verbindungsstellen sind metallene Bewehrungen sowie Metallmäntel zuverlässig und gut leitend miteinander und mit metallenen, der Berührung zugänglichen Teilen der Muffen, Abzweigdosen u. dgl. zu verbinden.

Der unter dem Mantel von kabelähnlichen Leitungen angeordnete, mit diesem leitend verbundene blanke Draht (Beidraht), ferner die Bewehrung von Bleikabeln — gemeinsam mit dem Bleimantel — dürfen nur zur Erdung oder Nullung verwendet werden [siehe § 6 c)3].

h) Die Erde, blanke Leitungen sowie Metallhüllen von Kabeln und kabelähnlichen Leitungen dürfen nicht zur betriebsmäßigen Rückleitung benutzt oder mitbenutzt werden; ausgenommen sind Hilfsstromkreise mit Betriebsspannungen bis 42 V und Fahrdraht-Lokomotivanlagen.

i) Bei Leitungen oder Bleikabeln für Ein- oder Mehrphasenstrom, die eisenumhüllt oder durch Eisenrohr geschützt sind, müssen sämtliche zu einem Stromsystem gehörenden Leiter in der gleichen Eisenhülle enthalten sein. *(Schluß folgt.)*

Aus den VDE-Gauen.

Gau Hansa.

Am 18. 3. 1936 hielt Herr E. Schmidt, Berlin, einen Vortrag[1]) über „Aufbau, Betrieb und Verwendungsbereich von Elektrostahl- und Härteöfen". Nach einem kurzen Hinweis auf die Bedeutung der elektrischen Öfen für die Industrie wurde zunächst der direkte Drehstrom-Lichtbogenofen eingehender besprochen. Insbesondere ging der Vortragende auf seinen Aufbau, seine Arbeitsweise und seine Verwendungsmöglichkeit ein, wobei die Eignung zur Erzeugung von Stählen jeder Art ohne Anwendung von Roheisen und zur Vornahme von Frischarbeiten, wie Entkohlen, Entphosphoren oder Entschwefeln besonders hervorgehoben wurde; die Eignung zur Vornahme von Desoxydationsarbeiten, zum Aufkohlen und Ausgaren und als Umschmelzofen fand ebenfalls Erwähnung. Auch wurde auf die Wichtigkeit der Einführung der Korbbeschickung hingewiesen, da sie die Beschickungszeit von ¾ bis 1½ h auf 2 bis 3 min abkürzt. Der erste Teil wurde abgeschlossen durch die Vorführung eines Filmes vom Arbeiten eines solchen Ofens für 6 t Fassungsvermögen. Als zweite Ofenart wurde der Ajax-Wyatt-Ofen, der in erster Linie zur Herstellung von Messing, jedoch heute auch zum Schmelzen von Zink und zur Herstellung von Reinkupfer benutzt wird, besprochen. Die geringen Abbrandverluste von 1 bis 1½ % insbesondere und der günstige Leistungsfaktor von 0,7 bis 0,85 sichern diesem Ofen von vornherein eine Wirtschaftlichkeit. Sein Aufbau und sein Betrieb wurden im Anschluß an die mündlichen Ausführungen, die durch Lichtbilder erläutert wurden, durch die Vorführung eines Filmes weiter erklärt. In gleicher Weise erfolgte die Besprechung des Hochfrequenzofens. Seine Eignung als Umschmelzofen und seine Wirtschaftlichkeit, die sich infolge geringer Abbrandverluste von wiederum nur etwa 1 bis 1,5 % ergeben, sichern ihm die heutige Vormachtstellung, vor allem bei der Wiederverwertung von hochlegiertem Chrom- bzw. Chromnickelschrott zur Erzeugung rostfreier Stähle oder bei der Herstellung hochaluminiumhaltiger Legierungen. Der Film zeigte an Hand von Zeichnungen die Schaltung einer Hochfrequenzofenanlage und den Verlauf der Wirk- bzw. Blindströme. Trickaufnahmen zeigten den Aufbau und Verlauf einer Schmelze vom Einsetzen des festen Schmelzgutes an bis zur gießfertigen Charge. Zum Schluß zeigte der Film eine 1 t-Hochfrequenzofenanlage im Betrieb. Den größten Teil des Vortrages nahmen wegen ihrer Vielgestaltigkeit und wegen ihrer vielen Anwendungsmöglichkeiten die Widerstandsöfen ein. Zunächst wurde wiederum auf ihren Aufbau und die bei ihrer Herstellung zur Verwendung kommenden Werkstoffe sowie auf die Regel- und Betriebsarten näher eingegangen.

Eine eingehende Besprechung einfacher Kammeröfen in Form der Nieder- und Mitteltemperaturöfen sowie der Hochtemperaturöfen folgte. Ausgehend von den erläuterten Grundbauformen wurden Schachtöfen, widerstandsbeheizte Tiegelöfen, Elektrodensalzbäder sowie die vielfachen Formen der Fließöfen an Hand von zahlreichen Beispielen ausgeführter Anlagen ganz besonders ausführlich behandelt.

Die sich daran anschließende Besprechung der wirtschaftlichen Seite der Benutzung von Widerstandsöfen schloß mit dem Hinweis, daß diese bei geeigneten Maßnahmen stets wirtschaftlich sein werden infolge ihrer zahlreichen Vorzüge gegenüber Öfen mit anderer Heizung. Der den Abschluß des ganzen Abends bildende Film vom Aufbau und der Verwendung elektrischer Glühöfen unterstrich insbesondere die günstige Lage dieser Öfen.

[1]) Siehe auch S. 941 dieses Heftes.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Ziehl. — Am 1. 7. konnte Herr Ing. Emil Ziehl VDE, Direktor der Ziehl-Abegg Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H. in Berlin, auf eine vierzigjährige erfolgreiche Tätigkeit als Elektromaschinenbauer zurückblicken. Herr Ziehl ist 1873 in Brandenburg geboren, studierte an der T. H. Berlin und gewann als Assistent von Prof. Gisbert Kapp ein besonders enges Verhältnis zum Elektromaschinenbau. Am 1. 7. 1896 begann er seine praktische Laufbahn, die ihn vorerst als Konstrukteur zur AEG, dann zur Berliner Maschinenbau-AG., vormals Schwartzkopff, führte. Studienreisen im Ausland erweiterten seinen Gesichtskreis, und 1910 gründete E. Ziehl zusammen mit dem Ingenieur E. Abegg die eingangs genannte Gesellschaft, die sich rasch durchsetzte und bald als Fabrik elektrischer Spezialmaschinen besonderen Ruf erwarb. Manche richtungweisende Konstruktion und eine stattliche Reihe wissenschaftlicher Arbeiten in der ETZ sind Zeugen für das persönliche Schaffen Emil Ziehls, der auch frühzeitig die Vorteile des Austauschbaues und der Normung erkannt hatte und sich für sie einsetzte. Auch für Gemeinschaftsaufgaben wußte er stets noch Zeit zu erübrigen und stellte sein Können und seine Erfahrungen in zahlreichen Verbänden zur Verfügung. Schon seit 1894 ist Herr Dir. Ziehl ein stets rühriges Mitglied des VDE Gau Berlin-Brandenburg, dessen Gaubeirat er auch z. Z. angehört.

E. Ziehl.

W. Lipken. Am 1. 8. konnte Herr Dir. Dipl.-Ing. Walther Lipken VDE sein 25jähriges Dienstjubiläum bei der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund, feiern. Dir. Lipken ist in Köln am 7. 11. 1880 geboren, studierte an der T. H. Berlin und begann 1907 seine Ingenieurtätigkeit bei den Siemens-Schuckertwerken Berlin. 1910 trat Herr Lipken in die Dienste des Städtischen Elektrizitätswerkes Barmen, und vom 1. 8. 1911 ab war er bei den VEW bzw. deren Rechtsvorgängerin, der Elektrizitätswerk Westfalen AG. in Bochum tätig. Zunächst Vorstand der Bauabteilung und Assistent des technischen Direktors, erhielt er 1919 Prokura und wurde 1921 Vorstandsmitglied. Nach Zusammenschluß der westfälischen Elektrizitätswerke und Gründung der VEW wurde er 1925 Geschäftsführer der VEW G. m. b. H. und nach deren Umbildung in die VEW AG. im Jahre 1930 Vorstandsmitglied.

W. Lipken.

In zäher, nie rastender Arbeit hat er an dem Ausbau der VEW mitgewirkt. Seine vornehmste Aufgabe sah er stets darin, die VEW in das Wirtschaftsleben der Provinz so einzufügen, daß sie dem Gesamtwohl am besten dienten. Er setzte sich frühzeitig für den Bau eines ausgedehnten Höchstspannungsnetzes ein und bemühte sich erfolgreich um die volkswirtschaftlich zweckmäßige Bewirtschaftung des heimischen Rohstoffes, der Steinkohle. Großen Wert legte Dir. Lipken auf ein gutes Zusammenarbeiten mit den Zechenbetrieben; die Zechenkraftwerke wurden in steigendem Maße zur Stromlieferung herangezogen, so daß bereits vor Jahren die Grundforderungen des heutigen Energiewirtschaftsgesetzes erfüllt waren.

Trotz seiner überreichen Berufsarbeit fand Herr Lipken stets noch Zeit, sein Wissen und Können in den Dienst der technischen Vereine und Verbände zu stellen. So ist er auch heute noch Mitglied zahlreicher Verbände und Ausschüsse und genießt in seinem ganzen Arbeitsfeld als Mensch und Vorgesetzter größte Beliebtheit und Verehrung. Seinen Mitarbeitern ist er Freund und Kamerad, und er gehört zu den seltenen Menschen, die allein durch ihr Beispiel anspornen und mitreißen.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Die Dokumentationsstelle für das technisch-wissenschaftliche Schrifttum in der Bibliothek der Technischen Hochschule zu Berlin. Von A. Predeek. (Sonderdruck aus: Zentralblatt für Bibliothekswesen 52 (1935), herausg. v. G. Leyh u. W. Schultze.) Verlag Otto Harrassowitz, Leipzig 1935.

Vielfältig wie das Schrifttum, namentlich in der Naturwissenschaft und in der Technik, sind auch die Wünsche und Bedürfnisse der Benutzer, und ebenso vielfältig sind die Wege, auf denen das Schrifttum zum Benutzer kommt oder der Suchende zum Schrifttum. Da gibt es Bibliographien in den verschiedensten Formen, Werbeschriften der an Herstellung und Vertrieb des Schrifttums Beteiligten, Bibliotheksbestände und Bibliothekskataloge, Schrifttumkarteien, Schrifttumauskunftstellen usw. Die natürliche Entwicklung des Schrifttumnachweises hat dabei vielfach zu im letzten Grunde unwirtschaftlichen Überschneidungen und zu Doppelarbeit geführt, die durch die ständig wachsende gegenseitige Durchdringung der einzelnen Wissenschaftsgebiete noch gesteigert worden sind.

Trotzdem gibt es in dem „Gesamtnetz" noch Lücken, die indessen weniger auf einen Bedarfsmangel als auf die Tatsache zurückzuführen sind, daß die Bedeutung des Schrifttums, z. B. auch für die industrielle Entwicklung, noch nicht überall hinreichend gewürdigt wird.

Es ist daher sehr zu begrüßen, daß der Leiter der im Titel genannten Dokumentationsstelle auf Grund seiner allgemeinen und praktischen Erfahrungen einmal die Zusammenhänge zwischen der Papierflut und dem schaffenden Leben dargestellt hat, und jeder, der die Bedeutung namentlich des technisch-wissenschaftlichen Schrifttums erkannt hat, wird mit Nutzen dem Aufsatz entnehmen können, welche Aufgaben der Schrifttumnachweis heute zu erfüllen hat, wie weit er sie heute wirklich erfüllt und was für die Zukunft zu tun bleibt.

Als starker Eindruck bleibt vor allem die Erkenntnis, wie notwendig auch auf diesem Gebiete Zusammenarbeit, gegenseitiger Erfahrungsaustausch, gegenseitige Hilfe und Vereinbarungen über gewisse Formdinge (Normung) sind, damit mit möglichst günstigem Wirkungsgrad eine möglichst vollständige Ausschöpfung und Nutzbarmachung der im Schrifttum niedergelegten menschlichen Erkenntnis erreicht wird. O. Frank.

Die elektrotechnische Industrie und der chinesische Markt. Von Dr.-Ing. R. Mangold. Herausg. v. d. China-Studien-Gesellschaft für deutsch-chines. wirtschaftl. Zusammenarb. unt. Mitwirk. d. Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie. Mit 18 Tabellen, 1 Karte u. 154 S. im Format 150 × 225 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1935. Preis geh. 5,80 RM.

Im Gegensatz zu den reichhaltigen Statistiken über Elektroaußenhandel und den mannigfachen Darstellungen der ausländischen Elektrizitätswirtschaft sind eingehende Untersuchungen über die Absatzverhältnisse für deutsche elektrotechnische Erzeugnisse auf den Auslands-

Digitized by Google

märkten selten. Der besondere Charakter des Großanlagengeschäftes und des Geschäftes mit ausländischen Behörden, vor allem aber die Vielgestaltigkeit des elektrotechnischen Erzeugungsbereiches sind Gründe, die zusammen mit dem Mangel an laufenden Wirtschaftsnachrichten und -statistiken dieses Fehlen erklären. Um so wertvoller ist daher die Arbeit von Mangold, die ein umfassendes Bild gibt über die chinesische Industrie, die Elektroeinfuhr, die Wettbewerbslage in den einzelnen Warengruppen und die vermutliche elektrowirtschaftliche Weiterentwicklung des chinesischen Reiches.

Zur Beurteilung der Aufnahmefähigkeit für elektromotorische Antriebe und Arbeitsmaschinen zeichnet der Verfasser Struktur und Maschinenverwendung der wichtigsten chinesischen Industriezweige. Gemessen an den in den Baumwollspinnereien und -webereien vorhandenen Spindeln beträgt der japanische Besitzanteil 40 %, so daß die japanische Elektroindustrie in diesem Bereich für Textilantriebe und Kraftzentralen über einen nationalgesicherten Markt verfügt. Eine im Anhang des Buches enthaltene Übersicht über Name, Gründungsjahr, Kapital und Reserven, Anzahl der Spindeln und Webstühle, Leistung der Kraftstation und Antriebsart der chinesischen Baumwollspinnereien, wie auch ähnliche Angaben für die Kohlengruben, Erzgruben, Eisen- und Stahlwerke, Zement-, Papier-, Zucker- und Zigarettenindustrie geben dem am Chinageschäft interessierten Kaufmann brauchbare Unterlagen. In der Elektrizitätsversorgung entfallen von 835 000 kW installierter Leistung 63 % auf die öffentlichen Werke, an denen ausländische Gesellschaften mehr als die Hälfte besitzen, während unter den Eigenanlagen Bergwerke und Spinnereien allein 88 % der vorhandenen Kraftwerksleistung auf sich vereinigen. Durch die Kapitalinteressen ausländischer Gesellschaften wird dieser Abschnitt des Kraftwerksgeschäftes ziemlich vollkommen von der Rücksicht auf die Elektroindustrie des Heimatlandes gesteuert. In der gesamten Bedarfsversorgung kaum spürbar, aber immerhin befähigt, die Einfuhr mancher Erzeugnisse abzuschwächen, hat sich mit dem Hauptstandort in Shanghai in der Nachkriegszeit eine chinesische Elektroindustrie entwickelt. Heute dürften sich mehr als 50 Firmen — meist im Werkstattbetrieb — mit der Herstellung elektrischer Geräte und Vorrichtungen befassen, unter denen Glühlampen, kleinere Schalter, Installationsmaterialien und Rundfunkempfänger (stets ohne Röhren, häufig nur Montage eingeführter Einzelteile), sowie eine Taschenlampenindustrie und Neonlichtfabriken in Shanghai hervorzuheben sind. Die chinesische Elektroeinfuhr, die den breitesten Raum der Marktuntersuchung einnimmt, wird von Beginn des 20. Jahrhunderts an durch mehrere Zahlentafeln dargestellt und hinsichtlich des Wettbewerbs in den einzelnen Geschäftszweigen unter Heranziehung von Beispielen ausführlich behandelt. Deutschland, das in der Vorkriegszeit mit England zusammen fast zwei Drittel des chinesischen Elektrobedarfes deckte, hat sich nach der Kriegsunterbrechung wieder rasch in das chinesische Geschäft eingeschaltet. Gegenwärtig nimmt Deutschland am chinesischen Markt, der 2,5 % des Weltelektromarktes bedeutet, nach USA und Großbritannien und vor Japan den dritten Platz ein. Abgesetzt werden vor allem elektrische Maschinen, Kabel und Drähte, Zählvorrichtungen und Anlagen des Fernmeldewesens. In Anbetracht des noch kleinen Marktes und des zu einer verderblichen Preis- und Kreditpolitik führenden scharfen internationalen Wettbewerbs sieht der Verfasser die Marktbehauptung der deutschen Elektroindustrie in dem unabdingbaren Festhalten an dem Grundsatz der Qualitätsarbeit und der dauernden technischen Verbesserung. Nachdrücklich wird der Auffassung entgegengetreten, daß der chinesische Markt eine sorglose Behandlung erlaube. Der Chinese ist auch in technischer Hinsicht erwachsen. Inzwischen (1935) hat die deutsche Elektroausfuhr nach China tatsächlich um 32 % zugenommen.

In einem besonderen Abschnitt über Fabrikationsfirmen und Absatzorganisationen gibt Mangold dem Exportkaufmann manchen praktischen Hinweis über die Stellung der Importhäuser, der technischen Berater und die Lagerhaltung im Elektrogeschäft mit China, wie es überhaupt ein Vorteil der Untersuchung ist, für den wirtschaftspolitisch oder kaufmännisch Interessierten gleichermaßen brauchbar zu sein. Zu wünschen bleibt, daß das im Anhang enthaltene Zahlenmaterial durch einen Nachtrag jeweils wieder auf den neuesten Stand gebracht wird. H. Spies.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Elementare Festigkeitslehre. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbststudium. (Lehrbuch der technischen Mechanik, 2. Bd.) Von Prof. Dr.-Ing. Th. Pöschl. Mit 156 Textabb., VI u. 218 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 12,60, geb. 14,25 RM.

Der Rundfunk-Fachmann. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für die im Rundfunkhandel und -handwerk Tätigen. Von Dipl.-Ing. P. Geuter. Mit 144 Abb. u. 162 S. im Format 155 × 230 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1936. Preis kart. 4,90 RM.

Mechanik. Statik und Dynamik der festen Körper und der Flüssigkeiten und Festigkeitslehre. Bearb. von Prof. Dipl.-Ing. G. Haberland unt. Mitwirk. v. Dr.-Ing. F. Haberland. 4. neubearb. Aufl. Mit 238 Abb., VIII u. 228 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1936. Preis kart. 3,60 RM.

Die allgemeine Energiewirtschaft mit Energiewirtschaftsgesetz und Energienrecht. Grundriß und Kommentar mit Nebengesetzen über Elektrizität, Licht, Funk, Rundfunk, Wasserkraft, Wärme, Wind, Schall und chemische Energie, Radium, Kohle, Gase, Flüssiggase, Öle, Torf, Holz usw. Von A. Kloess. Mit 181 S. im Format 110 × 185 mm. „Naturkunde und Technik" Verlag Fritz Knapp, Frankfurt a. M. 1936. Preis kart. 4,20 RM.

Das elektroakustische Klavier. Von Dr. O. Vierling. Mit 41 Abb. u. 50 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 3,50 RM; f. VDI-Mitgl. 3,15 RM.

Unrechtmäßige Entziehung von Energie, insbesondere elektrischer Energie. Von Dr. H. Kummer. (Glarner Beiträge zur Geschichte, Rechtswissenschaft, Sozialpolitik und Wirtschaftskunde, Heft 22.) Mit XI u. 85 S. im Format 155 × 225 mm. Verlag R. Tschudy, Glarus 1936. Preis geh. 4 Fr.

Eingegangene Doktordissertationen.

Conrad Himmler, Über einen neuen kontinuierlichen elektrischen Regler. [Sonderdruck aus Arch. Elektrotechn. 29 (1935) H. 9.] T. H. Berlin 1934.

Franz-H. Lange, Die Elektronenströmung in der Bremsröhre. T. H. Berlin 1935.

Fritz Löffler, Die Wirtschaftlichkeit eines großstädtischen Ruths-Spitzenkraftwerkes mit Städteheizung. T. H. Berlin 1931.

Carl Schmöle, Untersuchungen über den Einfluß kleiner Beimengungen von Aluminium, Eisen, Blei und Zinn auf verschiedene Messinglegierungen. T. H. Berlin 1930.

Erich Thienhaus, Das akustische Beugungsgitter und seine Anwendung zur Schallspektroskopie. [Erscheint auch als Buch im Verlag J. A. Barth, Leipzig.] T. H. Berlin 1935.

Hans Titze, Erdschluß- und Doppelerdschluß-Stromverteilung in elektrischen Netzen und ihr Einfluß auf den Erdschlußschutz. T. H. Berlin 1935.

Hans Karl Ernst Tonn, Die Kühltechnik im Dienst der Fern-Rohrpost. T. H. Berlin 1935.

August Vehmeier, Die Wahl des Verkehrsmittels für die deutsche Mittelstadt. T. H. Berlin 1935.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 7. August 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 20. August 1936** **Heft 34**

Leistungstrennschalter*).

I. Einführung.

Von **E. Krohne VDE**, Berlin.

621. 316. 54. 022 + 621. 316. 545

Der Ausspracheabend der Fachgruppe „Hochspannungsgeräte" des VDE Gau Berlin-Brandenburg am 14. 1. 1936 hatte den Zweck, die neueste Entwicklung dieser jüngsten Schaltgeräte zu veranschaulichen; daneben sollte die Aussprache der Klarstellung hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeit dieser Schalter und der ihnen in den VDE-Vorschriften aufzuerlegenden Bedingungen dienen.

Man stellte sich in den letzten Jahren unter einem Leistungstrennschalter ungefähr einen Schalter vor, der eine Trennstrecke besitzt und erheblich mehr als ein gewöhnlicher Trennschalter, aber weniger als ein normaler Leistungsschalter schalten kann. Häufig wurde die offene Trennstrecke ohne weitere Erörterungen als Ersatz für einen Trennschalter angesehen. Man übersah nicht selten, daß dieser Leib und Leben des Betriebspersonals schützen soll und daher auf Grund einer Prüfung mit besonders hoher Spannung ein Isoliervermögen nachweisen muß, dem die offene Trennstrecke der fraglichen Leistungstrennschalter nicht immer genügte. Auch in vielen anderen Punkten, z. B. der Betätigung, war man sich durchaus nicht einig, was man unter einem Leistungstrennschalter verstehen sollte. Es war deswegen erforderlich, daß der neue Ausschuß für Hochspannungsschaltgeräte des VDE (R.E.H.-Ausschuß) sich eingehend mit den Begriffs- und Prüfbestimmungen für diese neue Geräteart befaßte.

Der Ausschuß ist bei seinen Überlegungen davon ausgegangen, daß jedes vollständige Schaltsystem aus einem Leistungsschalter und entsprechend den Errichtungsvorschriften des VDE fast immer aus je einem Trennschalter vor und hinter diesem Leistungsschalter besteht. Der Leistungsschalter soll das Schaltvermögen bei Last- und Kurzschlußabschaltungen, die Trennschalter das Isoliervermögen bei Bau- und Ausbesserungsarbeiten an den elektrischen Anlageteilen gewährleisten. Der Leistungsschalter wird bestimmten, vorgeschriebenen Kurzschlußprüfungen unterworfen; im ausgeschalteten Zustand muß er einer Spannung von $2{,}2\,U + 20$ kV zwischen seinen Kontakten ohne Überschlag standhalten, worin U die Reihenspannung des Schalters bedeutet. Der Trennschalter muß hingegen im ausgeschalteten Zustand $3{,}3\,U + 20$ kV aushalten. Außerdem dürfen beim Trennschalter im ausgeschalteten Zustande keine Kriechströme über die Isolation von Pol zu Pol fließen; sie müssen zur Erde abgeleitet werden. Bei Leistungsschaltern wird dies nicht gefordert.

Zweifellos genügt nicht das Isoliervermögen allein zum Schutze des Personals. Es muß auch die Betätigungsart vorgeschrieben sein. Während Leistungsschalter beliebig, also sowohl willkürlich durch Hand- oder Fernbetätigung als auch selbsttätig durch Auslöser oder Relais geschaltet werden, stellt mindestens das selbsttätige Einschalten der Trennschalter eine außerordentliche Gefahr für den an der Anlage arbeitenden Monteur dar und ist daher unzulässig. Soll der Leistungstrennschalter seinem Namen entsprechend eine Vereinigung von Leistungsschalter und Trennschalter darstellen, so muß er unter allen Umständen die Konstruktions- und Prüfbedingungen beider erfüllen.

Die zur Zeit in Umarbeitung befindlichen Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Hochspannungsgeräten (R.E.H.) sehen daher nach sehr eingehender Aussprache zwischen den Fachleuten dieses Ausschusses für die genannten Schaltgeräte klare Begriffserklärungen vor, die jeden Zweifel ausscheiden sollen. Sie lauten:

a) Leistungsschalter sind Schalter, die zur selbsttätigen sowie willkürlichen Ein- und Ausschaltung beliebiger Ströme bis zu dem auf dem Leistungsschild angegebenen Schaltvermögen (§§ 9, 21) geeignet sind.

b) Trennschalter sind Schalter, die besonders dem Schutz des Betriebspersonals dienen, indem sie einen Stromkreis an allen Trennmessern zuverlässig erkennbar und mit genügendem Isoliervermögen (§§ 23, 36 a) auftrennen. Sie werden nur willkürlich und praktisch stromlos geschaltet. Selbsttätiges Schalten ist unzulässig.

c) Leistungstrennschalter sind Schalter, die wie die Trennschalter besonders dem Schutze des Betriebspersonals dienen, indem sie einen Stromkreis in allen Polen zuverlässig erkennbar und mit genügendem Isoliervermögen (§§ 23, 36 a) auftrennen. Sie dürfen selbsttätig oder willkürlich ausgeschaltet, aber nur willkürlich eingeschaltet werden. Selbsttätiges Einschalten ist unzulässig. Mit Leistungstrennschaltern können wie mit Leistungsschaltern beliebige Ströme bis zu dem auf dem Leistungsschild angegebenen Schaltvermögen (§§ 9, 21) geschaltet werden.

Ein diesen Regeln entsprechender Leistungstrennschalter wird also ein vollwertiger Trennschalter und gleichzeitig ein nahezu vollwertiger Leistungsschalter sein. Er unterscheidet sich vom Leistungsschalter allein dadurch, daß er nur willkürlich aber nicht selbsttätig eingeschaltet werden darf. Um irrtümlichen Auslegungen von vornherein zu begegnen, soll darauf hingewiesen sein, daß diese Einschränkung nicht etwa durch das Schaltvermögen gegeben, sondern allein durch die Verwendung des Gerätes als Trennschalter bedingt ist. Ein geöffneter Trennschalter darf unter keinen Umständen selbsttätig, z. B. durch ein Relais veranlaßt, in seine Ein-Stellung gehen.

Erwähnenswert ist auch, daß in den neuen R.E.H.-Regeln ganz bewußt davon Abstand genommen werden soll, irgendwelche Spannungs- oder Schaltleistungsgren-

*) Nach 3 Kurzvorträgen, die in der Fachgruppe „Hochspannungsgeräte" des VDE Gau Berlin-Brandenburg am 14. 1. 1936 gehalten wurden. Aussprache auf S. 989 dieses Heftes.

Digitized by Google

zen für die Leistungstrennschalter vorzuschreiben. Wenn auch die Entwicklung zunächst für geringe Werte der genannten Größen vorgetrieben wurde, so steht doch nichts im Wege, Leistungstrennschalter für die höchsten Spannungen und größten Schaltleistungen zu bauen.

Daß die Leistungstrennschalter, einwandfrei ausgeführt, eine glückliche Bauart darstellen, dürfte hiernach einleuchtend sein. Anders wäre es auch kaum zu verstehen, daß bereits sehr viele Leistungstrennschalter entwickelt sind. In dem Bericht „Bauformen von Leistungstrennschaltern" wird Herr Dipl.-Ing. Klostermann die bereits auf dem Markte befindlichen Konstruktionen beschreiben. Im Anschluß daran wird Herr Dr. Estorff auf „Die Anwendungsgebiete von Leistungstrennschaltern" eingehen und zeigen, welche erheblichen Vorteile Leistungstrennschalter in bestimmten Fällen bieten.

II. Bauformen von Leistungstrennschaltern.

Von **F. Klostermann**, Berlin.

Die Entwicklung der Leistungstrennschalter scheint seitens der Industrie aus der Erkenntnis heraus erfolgt zu sein, daß der öllose oder ölarme Hochleistungsschalter für eine Reihe von Betriebsfällen zu unwirtschaftlich ist. Zunächst bestand das Bedürfnis einer Ergänzung des Hochleistungsschalters in Richtung der kleineren Abschaltleistung, mit kleinsten Einbaumaßen zur Beherrschung der Nenn- und normalen Überströme. Es sollte gegenüber den teueren Hochleistungsschaltern ein verbilligtes Gerät geschaffen werden für Abschaltleistungen von durchschnittlich 5 bis 25 MVA bei 6 kV Betriebsspannung.

Nach der vorausgegangenen Entwicklung der Löschkammer, die die Lösung des Schaltproblems für die heute vorliegenden Arten der Hochleistungsschalter gebracht hat, war es selbstverständlich, die hierbei gewonnenen physikalischen und technischen Erkenntnisse für den Leistungstrennschalter auszunutzen. Die Kenntnis der Wirkungsweise der Löschkammer, die den Hauptbestandteil der meisten Leistungstrennschalter bildet, und auch die Kenntnis von der Löschwirkung einer starken Luftströmung auf den Lichtbogen wird hier vorausgesetzt. Bei kurzer Erwähnung der Löschart wird im folgenden mehr auf die verschiedenen Bauarten der auf dem Markt befindlichen Leistungstrennschalter eingegangen.

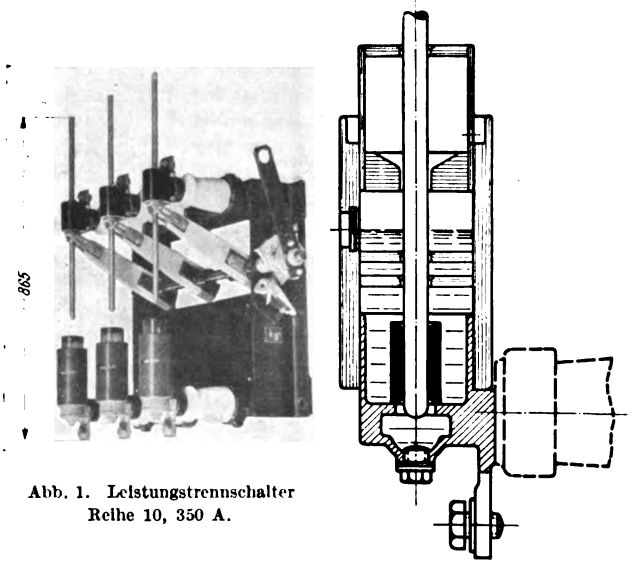


Abb. 1. Leistungstrennschalter Reihe 10, 350 A.

Man kann zur Zeit vier Hauptarten von Leistungstrennschaltern unterscheiden:

1. diejenigen, die mit einer ölgefüllten Löschkammer arbeiten,
2. solche, die dem Prinzip des bekannten Expansionsschalters folgen (Wasserschalter),
3. Schalter, die den Lichtbogen durch beim Ausschaltvorgang erzeugte Druckluft löschen,
4. Schalter, die ein Gas zur Löschung benutzen, das durch den Abschaltlichtbogen aus einem Isolierstoff erzeugt wird.

Gemeinsam sind allen Arten die kleinen Einbaumaße. Diese sind im allgemeinen so gering gehalten, daß die Leistungstrennschalter an allen den Stellen Platz finden, wo einfache Trennschalter angebracht werden können. Die Betätigung erfolgt durchweg nach den bekannten Verfahren der Schnellschaltung von Hand mit Hilfe von Zug- oder Druckfedern. Ferner sind die gebräuchlichen Antriebsarten, z. B. durch Elektromotor oder mit Druckluft anwendbar. Bei einigen Bauarten wird die Schaltung ohne Zuhilfenahme von Federn getätigt. Hierin liegt eine Gefahr, da eine zu langsame Einschaltung auf zufälligen Kurzschluß hinter dem Schalter den Bedienenden gefährden kann; jedenfalls ist es zu vermeiden, selbst bei kleinen Nennströmen die Ausschaltgeschwindigkeit ohne Anwendung von Federkraft nur in die Hand des Bedienenden zu legen.

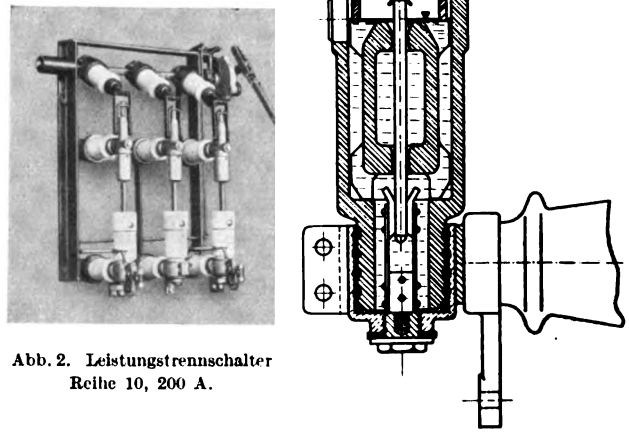


Abb. 2. Leistungstrennschalter Reihe 10, 200 A.

In Abb. 1 ist die Ausführung eines Leistungstrennschalters gezeigt, der zur Abschaltung des Lichtbogens eine einfache ölgefüllte Löschkammer besitzt. Die Kammer arbeitet nach dem Strömungsprinzip. Der Abschaltlichtbogen erzeugt einen starken Ölstrom, der beim Entweichen nach oben den Lichtbogen durchflutet und auslöscht. Zum Schutz gegen das nach oben ausspritzende Öl ist der Löschkammer eine Schutzhaube aus Zellon aufgesetzt. Es ist wichtig, daß die Schaltstifte in ihrer Ausschaltstellung sich ganz außerhalb der Schutzhauben befinden, da anderseits die Möglichkeit zur Ausbildung von Kriechströmen gegeben ist, was im Widerspruch zur VDE-Vorschrift steht. Die Nichtinnehaltung dieser Vorschrift, die teilweise zu beobachten war, verhindert auch das Einschieben von Schutzbrettern zwischen die geöffneten Kontakte, ein Verfahren, das von einer Reihe von Elektrizitätswerken zum Schutz von in der Zelle arbeitendem Personal angewandt wird.

Eine andere Ausführung zeigt Abb. 2. Die ebenfalls durch Ölströmung bewirkte Lichtbogenlöschung vollzieht sich in der inneren Kammer. Die Strömung wirkt sich, solange der Schaltstift die obere Öffnung der Löschkammer noch verschließt, nach unten aus. Deshalb ist die

Digitized by Google

Möglichkeit des Herausspritzens von Öl verringert. Eine an der obersten Öffnung angebrachte Verschluß- und Ölabstreifvorrichtung ist vorteilhaft, wenn sie so gebaut ist, daß ein Ölverlust bei schwerem Schalten nicht stattfindet. Andernfalls kann es vorkommen, daß nach größerem Ölverlust Verbrennungsgase in der Kammer zurückbleiben und bei einer Wiedereinschaltung unter Last zu wenig Öl in der Löschkammer ist.

Die Ausführung der Schaltkammer in keramischem Werkstoff läßt die Möglichkeit der Verwendung von nichtbrennbarer Schaltflüssigkeit zu (Tricresyl-Phosphat, Clophen), jedoch liegen hiermit zur Zeit sehr wenig praktische Erfahrungen vor. Im allgemeinen wird von der Anwendung abgeraten aus Gründen der überaus starken Verrußung beim Schalten und der chemischen Einwirkung auf Metallteile, auch die beim Schalten entstehenden Gase sind unter Umständen schädlicher Art.

Neben den in den Abb. 1 und 2 gezeigten Ausführungen des Sachsenwerkes und der Firma Voigt & Haeffner werden auch von der AEG, von der Habege (Dresden), und von der Fa. Neumann (Charlottenburg) Leistungstrennschalter hergestellt, die in mehr oder weniger großer baulicher Abweichung von den bisher gezeigten sich der ölgefüllten Löschkammer zur Lastschaltung bedienen. Leider ist es an dieser Stelle wegen des geringen zur Verfügung stehenden Raumes nicht möglich, näher auf diese Fabrikate in Bild und Wort einzugehen; die technischen Daten werden jedoch später im Zusammenhang erwähnt (s. Tafel unter Nr. 1, 5 und 6). Bemerkenswert ist hier, daß von dem Sachsenwerk in weiterer Entwicklung der in Abb. 1 gezeigten Bauart ein Leistungstrennschalter herausgebracht worden ist, für den Abschaltleistungen von etwa 30 MVA gewährleistet werden. Dies wird dadurch erzielt, daß das Strömungsprinzip in einer besonders konstruierten Löschkammer und vermittels eines besonders ausgebohrten Schaltstiftes in einer sinnreichen Weise verstärkt wird. Die technischen Daten für diese Schalter sind aus der Tafel unter Nr. 7 ersichtlich. Zu einer weiteren Beschreibung ist hier nicht der Raum.

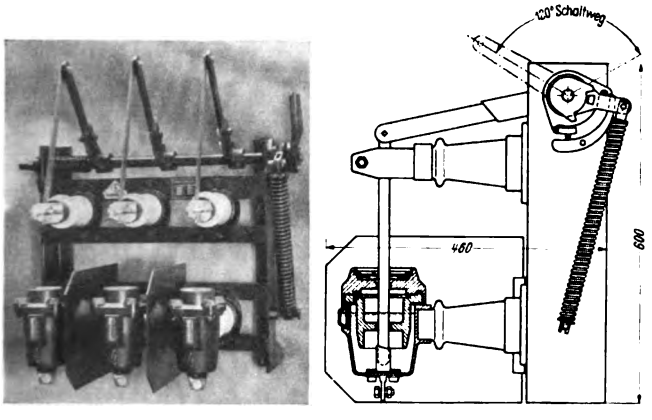


Abb. 3. Leistungstrennschalter Reihe 10, 200 A.

Die Abb. 3 zeigt die Ausführung einer mit Wasser gefüllten Löschkammer (SSW). Das Vorhandensein von Wasser in der Kammer zwingt zur schnellen Einschaltung, die konstruktiv gut gelöst ist, da die einzige vorhandene Feder zur schnellen Ein- und Ausschaltung benutzt wird. Ferner hat das Wasser (oder Expansin) eine günstige Wirkung beim Einschalten von Transformatoren, besonders von älteren hochgesättigten Typen, da es durch seinen ohmschen Widerstand den Einschaltstromstoß stark dämpft. Der Löschvorgang selbst kann auf Grund der Veröffentlichungen über den Expansionsschalter[1]) als bekannt vorausgesetzt werden. Die serienmäßig hergestellten Bauformen mit den dazugehörigen technischen Angaben sind aus der Tafel unter Nr. 8 ersichtlich.

Eine andere Bauart von Leistungstrennschaltern zeigt die Abb. 4. Dieser sogenannte Kompressionsschalter der EMAG hat für jede Unterbrechungsstelle eine Kammer zur Erzeugung von Druckluft, die gleichzeitig zur Führung des Schaltstiftes dient. Die von den an den Schaltstiften befindlichen Kolben bei der durch eine kräftige Zugfeder bewirkten Ausschaltbewegung zusammengepreßte Luft wird durch den hohlen beweglichen Schaltstift und durch eine an seinem oberen Ende befindliche ringförmige Düse gepreßt,

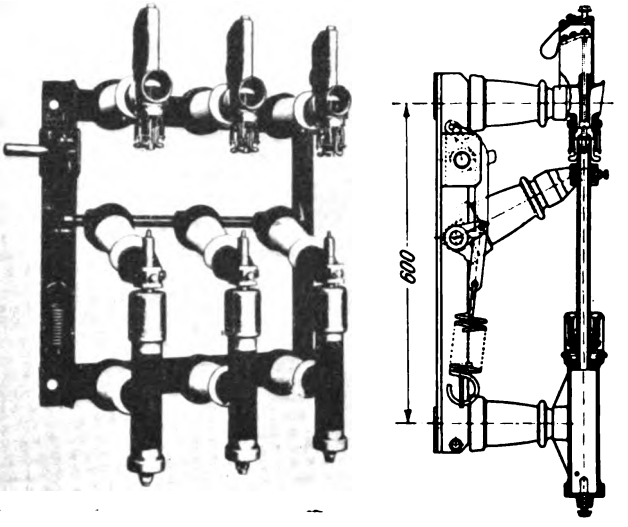


Abb. 4. Leistungstrennschalter Reihe 10, 200 A.

in deren Mitte sich die Schaltspitze mit dem Lichtbogen-Fußpunkt befindet. Dieser höchstbelastete Punkt wird durch die Luftströmung stark abgekühlt. Luftgeschwindigkeit und damit Löschwirkung nehmen mit wachsender Schaltstrecke zu. Die Rückzündungsgefahr sinkt mit zunehmendem Kontaktabstand.

Bei den Schaltern dieser Bauart ist darauf zu achten, daß die Ausschaltgeschwindigkeit sich nicht verringert, z. B. durch Verharzen des Schmiermittels im Druckluftzylinder oder durch ein Verziehen des Rahmengestelles beim Einbau. Eine Verringerung der Ausschaltgeschwindigkeit setzt naturgemäß die Abschaltleistung herab.

Eine Erweiterung der in Abb. 4 gezeigten Bauart hat die Fa. Devag, Frankfurt a. M., herausgebracht: Der Schaltstift ist wie bei Abb. 4 innen hohl. Bei der Abschaltung wird in gleicher Weise wie oben beschrieben die im Zylinder durch den Ausschaltvorgang erzeugte Druckluft nach oben ausgepreßt. Gleichzeitig wird aber durch ein zweites, konzentrisch um den Schaltstift angebrachtes Rohr, das oben einen besonders ausgebildeten Kontakt trägt, Luft in den Hohlraum eingesaugt, der sich über dem durch den Ausschaltvorgang nach unten bewegten Kolben bildet. Auf diese Weise soll der Lichtbogenfußpunkt einer besonders starken Lufteinwirkung ausgesetzt werden. Die Kontakte dieses Schalters sind teils als Kugeln ausgebildet, teils zeigen sie eine die Wirkung der Luftströmung unterstützende besondere Form. Weitere Angaben enthält die Tafel unter Nr. 3.

Die Abb. 5 zeigt eine Bauart (AEG) mit einem von den bisher beschriebenen Schaltern ganz abweichenden Löschverfahren[2]). Es beruht auf der Tatsache, daß es gewisse organische Isolierstoffe gibt, die unter dem Einfluß eines elektrischen Lichtbogens dünne Oberflächenschichten verdampfen lassen, ohne ihre Isolierfähigkeit einzubüßen. Der Verdampfungsvorgang läßt den Lichtbogenfußpunkt wandern, kühlt ihn ab und löscht schließlich den Lichtbogen. Nach Angabe der Lieferfirma ist anzunehmen, daß bei ungünstigen Verhältnissen, etwa bei $\cos\varphi = 0{,}1$,

[1]) F. Kesselring, ETZ 51 (1930) S. 499.

[2]) Vgl. O. Mayr, ETZ 56 (1935) S. 1189.

Digitized by Google

bei einem Schalter für eine Nennspannung von 10 kV ein Jahr lang täglich eine Schaltung mit Nennströmen zwischen 100 und 350 A ausgeführt werden kann, ohne daß eine besondere Wartung oder ein Auswechseln der aktiven Teile nötig sein wird. Der höchste schaltbare Strom beträgt 1000 A. Beim Schalten entsteht naturgemäß eine Lichtbogenerscheinung, so daß zur Beherrschung von Strömen über etwa 350 A Lichtbogen-Schutzwände zwischen den einzelnen Phasen notwendig werden. Es wird ferner empfohlen, die nach Abschaltung unter Spannung bleibenden Zuleitungen oben an den Schalter anzuschließen, sofern die vollen Nennströme oder höhere Ströme bewältigt werden sollen.

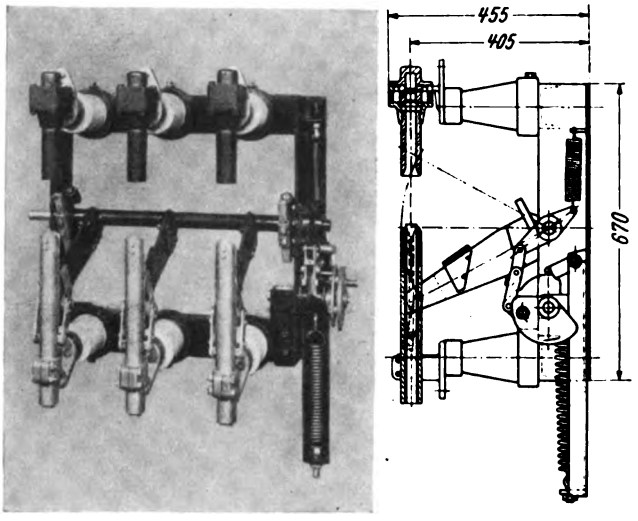


Abb. 5. Leistungstrennschalter Reihe 10, 350 A.

Von der Bewag, Berlin, ist ein Teil der beschriebenen Bauarten der Reihe 10 geprüft worden, und zwar nicht in der Absicht, die höchstmögliche Abschaltleistung festzustellen, sondern nur um die Leistung zu überprüfen, die für eine Verwendungsmöglichkeit im Berliner Netz, selbstverständlich unter Einbeziehung einer reichlichen Sicherheit, vorausgesetzt werden muß. Diese Maßnahme war berechtigt, denn es hat sich gezeigt, daß bei manchen Ausführungsarten schon die Abschaltung der Nennströme den Eindruck einer Grenzleistung hinterließ.

Die nun folgende Zusammenstellung enthält die bisher besprochenen normalen Bauarten der verschiedenen Firmen, die sich zur Zeit mit der Herstellung von Leistungstrennschaltern befassen. Die Tafel ist nach Spannung, Nennströmen, Abschaltstrom und nach der Löschart unterteilt. Sämtliche Ziffern sind Angaben der Lieferfirmen ohne Hinweis auf die vorerwähnten Prüfungen der Bewag.

Tafel: Leistungstrennschalter.

Nr.	Firma	Nennspannung kV	Nennströme A	Abschaltströme A	Löschmittel
1	AEG	6	200	100	Öl
		10	200	30	„
		20	200	20	„
		30	200	10	„
2	AEG	10	350	1000	Gas
3	DEVAG	10	200 350	860	Luft
		20	200 350	580	„
4	EMAG	10	200 350	860	Luft
		20	200 350	580	„
5	HABEGE	6	200 350	3050	Öl
		10	200 350	2720	„
		20	200 350	2230	„
		30	200 350	2020	„
6	Neumann	6	200 350	1450	Öl
		10	200 350	1150	„
		20	200 350	750	„
		30	200 350	580	„
7	SW	6	350	350	Öl
		10	350	300	(einfache
		20	350	150	Löschkammer)
	SW	10	350	1700	Öl
		20	350	850	(Sonder-
		30	500	500	Löschkammer)
8	SSW	6	200 350	1500	Wasser
		10	200 350	1200	(Expansin)
		20	200	400	„
9	V & H	10	200 350	800	Öl
		20	200 350	800	„
		30	200	800	„

Zum Schluß soll die Anregung gegeben werden, daß bei Angeboten auf Leistungstrennschalter nicht nur die Nenn- und Abschaltströme angegeben werden, sondern auch die Prüfspannung bei geöffneten Polen, die Amplitude des größtmöglichen Einschaltstromes und die thermische Belastbarkeit. Die letzte Forderung ist deshalb von Wichtigkeit, weil der Besteller wissen muß, welcher höchste Strom und wie lange Zeit dieser von dem Schalter in geschlossenem Zustande ausgehalten werden kann, ohne daß die Kontakte sich unzulässig erwärmen. Ferner muß auf jeden Fall von den Schaltern die Bedingung erfüllt werden, daß bei Ein- und Ausschaltung der gewährleisteten Ströme keinesfalls eine Beeinträchtigung des Bedienenden erfolgt, sei es durch Umherspritzen der Schaltflüssigkeit, zu starke Lichtbogenerscheinung oder eine unvorherzusehende Schreckwirkung durch Geräusche.

Bei Beachtung der im vorhergehenden verschiedentlich gegebenen Hinweise, die vom Standpunkt eines Elektrizitätswerkes aus gemacht sind, ist anzunehmen, daß sich für die Leistungstrennschalter infolge ihrer wirtschaftlichen Vorteile ein großes Anwendungsgebiet eröffnet.

III. Die Anwendungsgebiete von Leistungstrennschaltern.

Von **W. Estorff VDE**, Berlin.

Unter dem Begriff „Leistungstrennschalter" fassen wir zwei verschieden geartete Gruppen von Schaltgeräten zusammen, die im Laufe der letzten fünf Jahre auf den Markt gebracht wurden und sich unabhängig voneinander entwickelten. Die erste Gruppe umfaßt Trennschalter mit zusätzlichen Einrichtungen zur Löschung des Öffnungslichtbogens zum Schalten von Stromkreisen unter Last. Die Entwicklung dieser kleinsten Hochspannungsschaltgeräte trug dem Verlangen der Elektrizitätswirtschaft nach möglichst billigen Schaltgeräten für die Energieverteilung in ländlichen Bezirken und dünn besiedelten Gegenden Rechnung. Die zweite Gruppe bilden die zum Unterbrechen von Kurzschlußströmen dienenden Hochleistungsschalter, bei denen mit der eigentlichen Unterbrechungsstrecke eine Lufttrennstrecke in Reihe geschaltet ist, die hinsichtlich ihres Isoliervermögens die an einen Trennschalter gestellten Forderungen erfüllt. Der Konstrukteur wollte durch die Hinzufügung der Lufttrennstrecke in erster Linie die Kriechwegbildung über die Oberfläche des Isolierstoffes zwischen den Polen des geöffneten Schalters ausschließen. Der Gedanke an einen Verzicht auf den zugehörigen davorliegenden Trennschalter kam erst in zweiter Linie. Wir werden diese beiden verschiedenen Gerätegruppen und ihre Anwendungsmöglichkeiten

Digitized by Google

getrennt voneinander betrachten und im vorliegenden Falle an dem Expansionsschalter als einer der Ausführungsformen erläutern.

1. Leistungstrennschalter zum Schalten unter Last.

Die im folgenden erwähnten Geräte sind Schubtrennschalter mit Sprungschaltung, deren feste Schaltstücke in Expansionskammern untergebracht sind, die im wesentlichen mit Wasser gefüllt sind. Die leitende Flüssigkeit wirkt beim Einschalten als Schutzwiderstand und dämpft z. B. die Stromstöße beim Einschalten von Transformatoren. Die beweglichen Trennmesser werden beim Öffnen soweit aus den Kammern herausgezogen, daß die Lufttrennstrecken den Trennschalterbedingungen entsprechen. Wird Kurzschlußschutz gefordert, so werden vor dem Leistungstrennschalter im Leitungszuge Hochleistungssicherungen angeordnet. Abb. 6 zeigt einen solchen Leistungstrennschalter Reihe 10 mit vorgeschalteten Hochleistungssicherungen, mit dem Schaltungen unter Last vorgenommen werden können. Diese Anordnung wird heute vielfach für die Eigenbedarfstransformatoren von Kraftwerken benutzt. Von den zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten des Leistungstrennschalters werden nachfolgend einige Beispiele genannt.

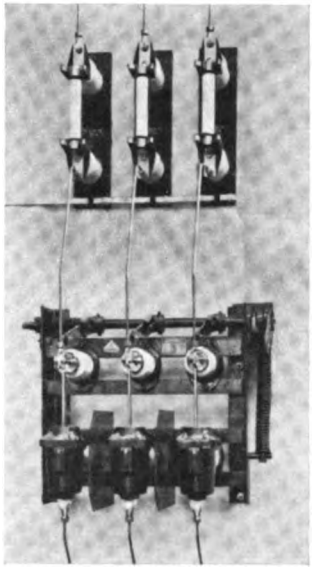


Abb. 6. Expansions-Trennschalter Reihe 10, 200 A mit vorgeschalteten Hochspannungs-Hochleistungs-Sicherungen.

Abb. 7 zeigt rechts das Verteilungsnetz für die Elektrizitätsversorgung eines Vorstadtbezirkes. Die Anlagekosten sollten so niedrig wie möglich gehalten werden, um die Verteilung wirtschaftlich zu gestalten. Von der Zentrale *c* gehen drei durch Leistungsschalter gesicherte Kabelstränge zu einer Reihe von Netztransformatorstationen *d*, in die die Kabel zwecks Ersparnis über gewöhnliche Trennschalter eingeführt sind. An die Sammelschiene der Station ist der Transformator über einen Leistungstrennschalter angeschlossen. Das Netz wird gewöhnlich als Strahlennetz betrieben, ist aber so eingerichtet, daß es im Falle eines Kabelfehlers als Ringnetz gefahren werden kann. Der kranke Strang wird zunächst in der Zentrale *c* durch den zugehörigen Leistungsschalter selbsttätig abgeschaltet. Das Netz wird nach spannungslosem Abtrennen der fehlerhaften Strecke mit den Trennschaltern in den Unterwerken im Ringleitungs-Schaltschrank *e* durch drei Leistungstrennschalter zu einem Ringe zusammengeschlossen. Man nimmt bei einer solchen Störung also eine kurzzeitige Pause in der Stromlieferung in Kauf. Links in Abb. 7 ist der einfache Schaltschrank *e* aus Blech mit Betonsockel in Grundriß und Schnitt dargestellt. Muß ein wichtiger Hochspannungsabnehmer *a* von dem gleichen Netz aus versorgt werden, z. B. eine Fabrik oder ein Krankenhaus, so stellt man dort Leistungsschalter oder Leistungstrennschalter auf, die bei Zusammenbruch der Spannung in einem der Kabelstränge über Spannungsrückgangauslöser den zugehörigen Schalter öffnen und gleichzeitig den zweiten Schalter einlegen, der die Speisung über den zweiten Kabelstrang aufrechterhält. Die Umschaltung erfolgt so schnell, daß die Motoren im Netz ohne Störung weiterlaufen.

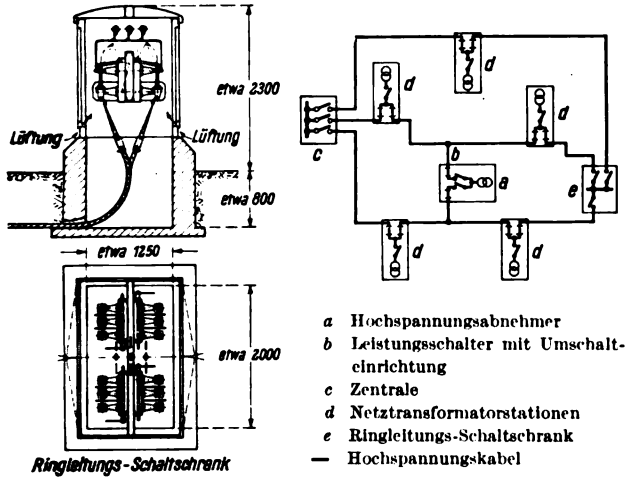
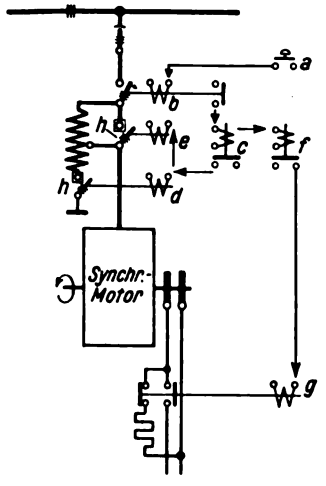


Abb. 7. Elektrizitätsverteilung in Städten. Schaltschrank für Ringleitungsnetz in Vorstadtbezirken.

In Unterwerken mit mehreren abgehenden Leitungen sieht man zweckmäßig Trennschalter vor den Leistungstrennschaltern vor, um bei Überholungen die Stromunterbrechung auf den in Frage kommenden Abzweig beschränken zu können. Bei Anschluß über Hochleistungssicherungen gelten diese soweit als vollwertige Trennstrecken zum Schutze der Bedienungsmannschaft, als sie den gleichen Anforderungen hinsichtlich ihres Isoliervermögens entsprechen wie die Trennschalter.



a Steuerdruckknopf
b Hauptschalter
c Zeitrelais *1*
d Sternpunktschalter
e Überbrückungsschalter
f Zeitrelais *2*
g Feldschütz
h Expansions-Trennschalter

Abb 8. Synchronmotor. Anlauf nach Drei-Schalter-Verfahren.

Im folgenden werden zwei Beispiele für die Anwendung von Leistungstrennschaltern beschrieben, bei denen jedoch das erhöhte Isoliervermögen des Leistungstrennschalters nicht ausgenutzt wird. Die Schalter dienen in diesem Falle nur zum Schalten unter Nennlast und nicht als Trennschalter. Abb. 8 zeigt in großen Zügen ein Schaltbild für das selbsttätige Anlassen von Synchronmotoren nach dem „Drei-Schalter-Verfahren" mit Anlaßtransformator. Der Hauptschalter *b* ist ein Leistungsschalter, der Überbrückungsschalter *e* und der Sternpunktschalter *d* sind Leistungstrennschalter. Schaltet man den Hauptschalter *b* ein, so läuft der Motor mit Teilspannung auf seine höchste asynchrone Drehzahl. Der Läuferkreis ist durch ein Feldschütz *g* über einen Widerstand geschlossen. Gleichzeitig beginnen die beiden Zeitrelais *c* und *f* abzulaufen, von denen *f* die längere Laufzeit hat. Das Zeitrelais *c* sorgt dafür, daß nach einer fest eingestellten Zeit der Sternpunktschalter *d* öffnet und der Überbrückungsschalter *e* die als Drossel wirkende Transformatorwicklung kurzschließt. Der Synchronmotor läuft also ohne Feldunterbrechung hoch. Nach Ablauf des Zeitrelais *f* prüft ein hier nicht dargestelltes Überwachungsrelais, das an der Erregerwicklung liegt, ob der Motor synchron läuft. Führt die Erregerwicklung noch Wechselstrom von Schlupffrequenz, so wird

Digitized by Google

der Hauptschalter *b* geöffnet und der Motor wieder stillgesetzt. Fließt in ihr dagegen nur Gleichstrom, so wird der Hauptschalter nicht beeinflußt. Das Dreischalterverfahren erspart teurere Sonderausführungen von Stufenschaltern oder Stern-Dreieck-Schaltern. Der Überbrückungsschalter *e* und der Sternpunktschalter *d* brauchen nur die Anlaßströme auszuhalten und können am billigsten als Leistungstrennschalter ausgeführt werden.

Abb. 9 zeigt eine Grundschaltung für Blindlastregelung mittels einer dreistufigen Kondensatorbatterie unter Verwendung von Leistungstrennschaltern, die hier, wie im vorigen Beispiel, als Lastschalter angewendet und selbsttätig geschaltet werden. Die einzelnen Stufen der Kondensatorbatterie werden verschieden groß gewählt, so daß man im ganzen sieben verschiedene Stufen zur Verfügung hat. Das Zuschalten der Regelgruppen bei steigender Last und das Abschalten bei sinkender Last erfolgt durch zwei

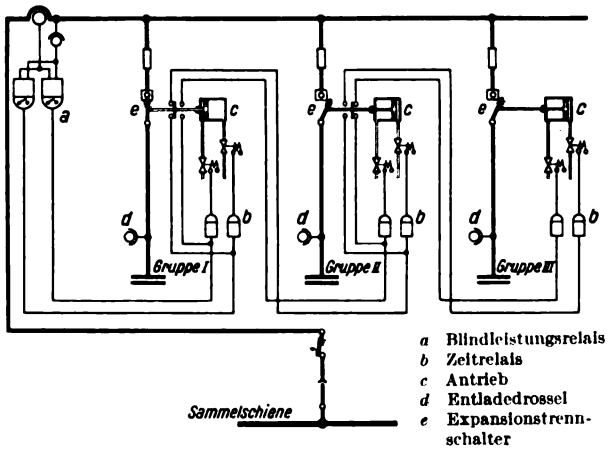


Abb. 9. Selbsttätige Blindleistungsregelung mit Kondensatoren und Expansionsschaltern. Grundschaltbild.

Blindleistungsrelais, die beide mit *a* bezeichnet sind. Der Unterschied in den Ansprechwerten der Relais ist etwas größer gehalten als die kleinste Regelstufe, so daß ein Überregeln mit Sicherheit vermieden wird. Die Steuerimpulse werden über Zeitelemente *b* weitergeleitet, die kurzzeitige Belastungsänderungen unberücksichtigt lassen. Auch hier erlaubt die Ausführung der Schalter als Leistungstrennschalter, den Preis der Regeleinrichtung in angemessenen Grenzen zu halten.

2. Leistungstrennschalter zum Unterbrechen von Kurzschlußströmen.

Abb. 10 zeigt einen Hochleistungsschalter Reihe 10, der bei einpoliger Erdung und isolierter Aufstellung eine Mindestüberschlagspannung von 1,1 (3,3 U + 20) kV zwischen

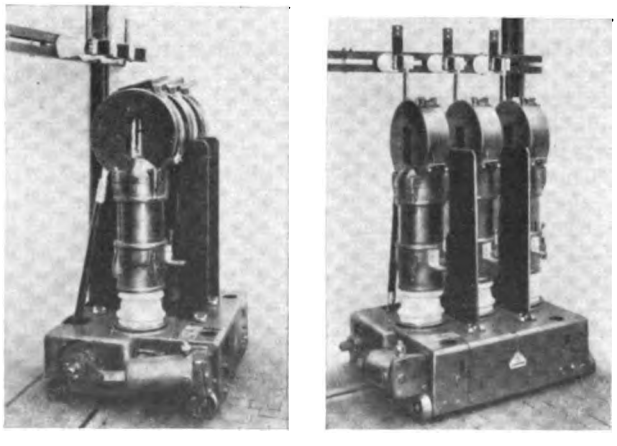


Abb. 10. Expansionsschalter 6 kV, 600 A, 600 MVA. Ausschaltstrom 60 000 A, Einschaltstrom 150 000 A mit Druckluftantrieb.

den geöffneten Polen aufweist. Die für Trennschalter geltende Bestimmung, die offene Trennstrecke nicht durch Körper aus festem Isolierstoff ohne Zwischenschaltung einer geerdeten Stelle zu überbrücken, wird von diesem Leistungsschalter ebenso wie von jedem einfachen Ölschalter erfüllt. Der Schalter wird durch einen am Fahrgestell

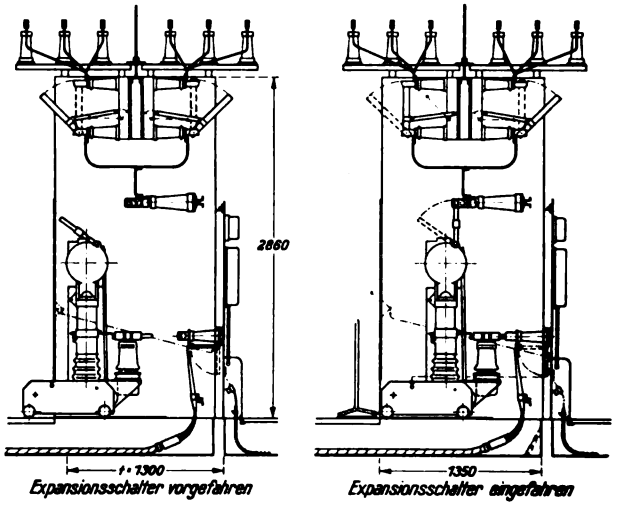


Abb. 11. Stahlbinderzelle mit Expansionsschalter (Reihe 20, 350 A), Trennschaltern und Kabel-Trennkontakten.

angebrachten Druckluftkolben betätigt. Häufig werden die Trennschaltereigenschaften dieses Schalters nicht ausgenutzt. Abb. 11 zeigt den Einbau eines ähnlichen Schalters für 20 kV mit 200 MVA Abschaltleistung in eine Stahlbinderzelle mit Trennschaltern und Doppelsammelschienen. Der Schalter kann nach Lösen der Feststellschrauben an den Fahrschienen zur Überholung aus der Zelle gefahren werden. Beim Herausfahren wird der Steckkontakt zu den dahinterliegenden Kabelanschlüssen aufgehoben.

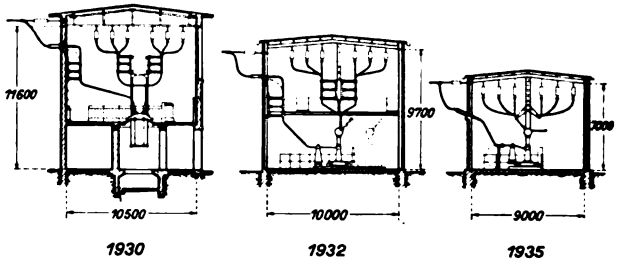


Abb. 12. 100 kV-Schaltanlagen 1930 bis 1935.

Die neuartige Verwendung des Hochleistungsschalters als eigentlicher Leistungstrennschalter ist rechts in Abb. 12 wiedergegeben, die die Entwicklung der Hochspannungsschaltanlagen im Laufe der vergangenen fünf Jahre und gleichzeitig den Einfluß darstellt, den der Expansionsschalter auf diese Entwicklung ausgeübt hat. Das linke Bild zeigt den Schnitt durch eine 100 kV-Schaltanlage nach der Hallenbauweise mit versenkten Ölschalterkesseln. Die den Kessel umgebenden Mauern sind hinreichend stark ausgeführt, um dem Explosionsdruck des sich unter Umständen bei einer Störung bildenden Gasluftgemisches standhalten zu können. Durch die Verwendung von Expansionsschaltern an Stelle von Ölschaltern ließ sich die gesamte Schaltanlage kleiner und übersichtlicher gestalten, wie dies aus dem mittleren Bilde zu ersehen ist.

Das rechte Bild läßt endlich die Vorteile erkennen, welche die Ausbildung des Hochleistungsschalters als Leistungstrennschalter mit sich bringt, indem auf besondere Trennschalter zwischen den Sammelschienen und dem Leistungstrennschalter verzichtet werden konnte. Die Gebäude-

Digitized by Google

abmessungen und die Kosten der Anlage wurden hierdurch weiterhin vermindert. Die Zahl der Isolatoren und die Möglichkeit der daran auftretenden Störungen wurden erheblich verkleinert. Der mit Doppeltrennarmen versehene Schalter kann wahlweise auf das eine oder andere Sammelschienensystem geschaltet werden. Das gleichzeitige Einlegen beider Trennarme ist durch entsprechende Überwachung der Steuerstromkreise nur möglich, wenn der Kuppelschalter geschlossen ist. Beim Herausfahren wird ähnlich wie in Abb. 11 ein Steckkontakt aufgehoben, der den Schalter mit einer abgehenden Leitung verbindet.

Über die grundsätzlichen Erfahrungen mit Leistungstrennschaltern im allgemeinen ist zu berichten, daß diese Geräte sich gut eingeführt haben und der Absatz im Steigen begriffen ist. Dies deutet darauf hin, daß die an diese Geräte geknüpften Erwartungen erfüllt wurden.

Die Turmförderanlage der Zeche Hannibal in Bochum.

Von **Enno Hesse VDE**, Wanne-Eickel.

621. 34 : 622. 6

Übersicht. Eine neuzeitliche Turmförderanlage wird beschrieben, wobei zunächst nur Fördergerüst, Maschinenhaus und Maschinensätze behandelt werden, während Schaltungen sowie Steuer-, Sicherheits- und Signaleinrichtungen der Förderanlage zwei weiteren Aufsätzen vorbehalten bleiben.

A. Geschichtliches.

Die Anfang des Jahres 1930 in Betrieb genommene Turmförderanlage auf Schacht Hannibal I der Kruppschen Verwaltung der Zechen Hannover und Hannibal in Bochum stellt insofern einen beachtenswerten Markstein in der Geschichte dieser Zechen und damit auch des rheinisch-westfälischen Bergbaues dar, als im Jahre 1888 auf dem Schacht II der Zeche Hannover die erste Hauptschacht-Turmfördermaschine der Welt in Betrieb kam und in der Zeitspanne zwischen dem Entstehen dieser beiden Turmförderanlagen sich die einzigartige Entwicklung des Bergbaues sowie der von ihm wesentlich befruchteten Maschinentechnik des letzten halben Jahrhunderts vollzog. Denn die Turmfördermaschine auf dem Backsteinförderturm (Malakow) des Schachtes Hannover II war nach den Plänen ausgeführt, die der damalige Direktor der Zeche Hannover F. Koepe bereits im Jahre 1876 für den Schacht I bei Verlegung der Förderung von der 161 m- zur 234 m-Sohle ausgearbeitet hatte. Koepe schlug schon seinerzeit vor, die Fördermaschinen an Stelle der bisher gebräuchlichen Seiltrommeln mit der später nach ihm benannten Treibscheibe auszurüsten und sie nicht wie üblich seitlich neben dem Schachtturm, sondern oben in diesem selbst aufzustellen. Die sich stets allen neuen und umwälzenden Gedanken entgegenstemmenden Bedenken verhinderten zwar zunächst diesen kühnen Doppelschritt, so daß sich Koepe vorläufig mit der Aufstellung der ersten Treibscheiben-Fördermaschine in der altgewohnten Anordnung neben dem Schacht begnügen mußte. Erst zwölf Jahre später, als sich inzwischen die Treibscheibe bewährt und bereits auf vier anderen Zechen Eingang gefunden hatte, konnte Koepe seinen ursprünglichen Plan in der Turmförderanlage des Schachtes Hannover II verwirklichen.

Abb. 1. Zeche Hannibal in Bochum. Links Kohlenwäsche, Mitte Turmförderanlage, rechts Kokskohlenturm.

B. Aufbau der Turmförderanlage Hannibal.

1. Wahl der Bauweise und des Antriebes.

Die Turmförderanlage des Schachtes Hannibal I (Abb. 1) wurde in den Jahren 1929/30 im Rahmen des damaligen Rationalisierungsprogrammes gebaut. Sie erhebt sich an der Stelle des früheren kleinen Malakow für den ursprünglichen, aus dem Jahre 1849 stammenden Hauptförderschacht I, der indes in den letzten 20 Jahren nur der Wetterführung gedient hatte. Da der Schacht I bei einer Teufe von 500 m einen viereckigen Querschnitt von nur 3,4 × 3,4 m besaß, für die neue Anlage aber entsprechend der beabsichtigten Leistungssteigerung Doppelförderung vorzusehen war, wurde eine Erweiterung des Schachtes auf 6,5 m Durchmesser sowie ein Abteufen bis zur 750 m-Sohle erforderlich. Diese Arbeiten wurden im Juni 1926 in Angriff genommen. Für die Wahl der Turmbauweise war ausschließlich die Platzfrage entscheidend, da infolge der allseitigen Eingrenzung der Schachtanlage Hannibal durch Reichsbahn und Straßen auf eine verhältnismäßig kleine Fläche keinerlei Ausdehnungsmöglichkeit für die Tagesanlagen bestand. Die Turmbauart führte zwangläufig zur Wahl des elektrischen Antriebes, denn es erschien nicht angängig, schwere Dampfmaschinen mit hin- und hergehenden Massen in der beträchtlichen Höhe eines Turmfördermaschinenhauses in Betrieb zu halten. Hinzu kam die im 2 km entfernten Zechenkraftwerk gegebene Möglichkeit einer besonders verbilligten Stromerzeugung

Digitized by Google

aus unverkäuflichen minderwertigen Brennstoffen, so daß sich im vorliegenden Falle auch Wirtschaftlichkeitsberechnungen über das Antriebssystem erübrigten.

Bei der Frage, ob für die Turmfördermaschine der Zeche Hannibal Drehstrom- oder Gleichstromantrieb zu wählen sei, schied der unmittelbare Drehstromantrieb ohne weiteres aus, weil einerseits die von der Förderanlage verlangte Leistung erheblich über die den Drehstrom-Kommutatormotoren durch Drehzahl und Bürstenzahl gezogenen Grenzen des Verwendungsbereichs hinausgeht, anderseits die Steuerfähigkeit des gewöhnlichen Asynchron-Drehstrommotors infolge der Abhängigkeit der Drehzahl von der Größe des Drehmomentes ohne Einbau umständlicher Hilfsgeräte wenig vollkommen ist. Hinzu kam, daß sich auf Zeche Hannover bereits seit fast 25 Jahren zwei Gleichstrom-Fördermaschinen mit Leonard-Schwungradumformern bestens bewährt hatten und die inzwischen erzielten Fortschritte im Bau von Gleichstrom-Fördermaschinen mit Recht bei Anwendung der Leonard-Schaltung eine besonders leistungsfähige Fördermaschine, verbunden mit größter Betriebssicherheit und mit feinfühliger, wirtschaftlicher Steuerfähigkeit erwarten lassen konnten. Demgemäß wurde für die zunächst aufzustellende westliche Fördermaschine Gleichstromantrieb mit Umformer für 5000 V Drehstrom, 850 V Gleichstrom gewählt.

2. Fördergerüst und Maschinenhaus.

Die Arbeiten für die neue Turmförderanlage waren so angesetzt worden, daß ihre Fertigstellung gleichzeitig mit Beendigung der Abteufarbeiten auf der 750 m-Sohle zu Anfang des Jahres 1930 erfolgen konnte. Das in Eisenkonstruktion von der Friedrich-Alfred-Hütte der Fried. Krupp AG. ausgeführte Fördergerüst (Abb. 2) erhebt sich

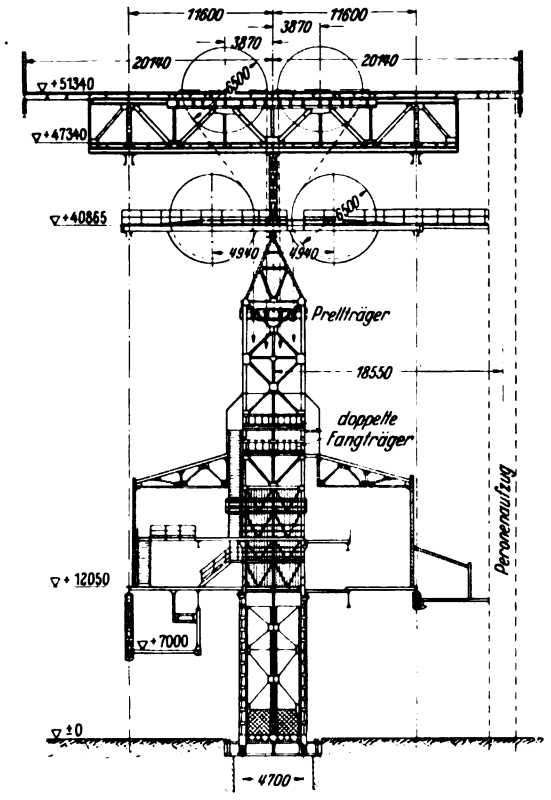


Abb. 2. Längsschnitt des Turmfördergerüstes.
[Aus: Ackermann, Stahlbau (1929) H. 21, S. 244.]

an der Stelle des früheren kleinen Schachtturmes bis zu dem 51,3 m über Rasenhängebank liegenden Maschinenhaus, das für die Aufnahme von zwei Fördermaschinen bemessen ist und eine Länge von 40 m, eine Breite von 15 m sowie eine lichte Höhe von 12 m besitzt. Die Gesamthöhe des Turmes bis zur Dachoberkante beträgt 65 m. Die reine Eisenkonstruktion ohne die maschinelle Einrichtung wiegt 850 t. Sie ist für einen Ausbau der Förderanlage bis zu 1200 m Teufe und für eine Seilbruchlast von 325 t berechnet. Dem Verkehr zwischen Zechenflur und Fördermaschinenhaus dient ein Personenaufzug, dessen mit Vollblech verkleidetes freistehendes Führungsgerüst auf der hinteren Schmalseite des Förderturmes in Abb. 1 sichtbar ist.

3. Fördermaschine und Umformer.

Während das Turmfördergerüst, wie bereits gesagt, für eine Teufe von 1200 m gebaut worden ist, wurde die Fördermaschine (Abb. 3) entsprechend der erfahrungsgemäßen Lebensdauer derartiger Maschinen nur für

a Antriebsmotor
b Treibscheibe
c Teufenzeiger
d Geschwindigkeitsmesser und Tachograph
e Signallampengehäuse
f Steuerbock mit motorischem Antrieb
g Bremsmagnet
h Notfeldschalter

Abb. 3. Fördermaschine.

eine Teufe von 1000 m bemessen. Der Antriebsmotor *a* ist ein fremderregter Gleichstrom-Nebenschlußmotor mit Hilfspolen und Ausgleichswicklung für eine Ankerspannung von ± 850 V und eine Erregerspannung von 220 V bei 53 U/min. Die Regelleistung des Motors beträgt 1900 kW, die Spitzenleistung 4100 kW. Der Wirkungsgrad ist bei Vollast 92,75 % einschl. Erregung, jedoch ausschließlich Lagerreibung. Die gesamte Wicklung des Motors besitzt Sonderisolation für feuchte und kohlenstaubhaltige Luft. Die Stäbe der Ankerwicklung sind auf der Treibscheibenseite in gleicher Weise in die Wickelköpfe eingelötet wie in die Stromwenderfahnen, so daß ein leichtes Auswechseln einzelner Ankerstäbe möglich ist. Das Erregerfeld ist in zwei im Nebenschluß geschaltete Wicklungen unterteilt, um für die noch zu beschreibende Feldabschaltung aus Sicherheitsgründen zwei Schützengruppen verwenden zu können und damit eine Überlastung der Schütze durch den verhältnismäßig hohen Erregerstrom zu vermeiden. Die Erregerpole sind abgeschrägt, wodurch die auf dem Resonanzboden des Turmgerüstes besonders unangenehmen Zahnflankengeräusche wirksam gedämpft werden. Der Motor ist in Ausführung nach DIN-Form L geliefert mit zweiteiligem Polgehäuse, dessen Unterteil Auflagefüße besitzt und an seinem tiefsten Punkt mit einer Abstützung auf der Eisenkonstruktion des Turmgerüstes versehen ist.

Die Treibscheibe *b* hat ein Schwungmoment von 500 000 kgm² bei einem Durchmesser von 6500 mm. Sie besitzt gußeiserne Nabe, schmiedeeisernes Armsystem und einen sorgfältig mit Hartholz belegten verbreiterten Kranz, der beim Auflegen eines neuen Seiles eine Seillänge von 1300 m in mehreren Lagen übereinander gesponnen aufzunehmen vermag. Die Welle der Fördermaschine ist aus bestem S-M-Stahl hergestellt, zweiteilig ausgeführt und mit angeschmiedeten Kupplungsflanschen versehen. Die eine Wellenhälfte trägt die Treibscheibe und läuft in zwei Lagern. Die zweite Hälfte, auf der der

Digitized by Google

Läufer des Motors sitzt, ist auf der einen Seite an die erste Wellenhälfte angeflanscht, auf der anderen Seite in einem Außenlager abgestützt. Die Kupplungshälften besitzen eine Zentrierung und sind so ausgeführt, daß der Motoranker mit seiner Welle ohne ein Verschieben der anderen Wellenhälfte ausgebaut werden kann. Die drei Ringschmierlager stehen auf bearbeiteten Flächen des gemeinsamen Stahlgußrahmens für Motor und Treibscheibe.

Der schwungradlose Umformer der Förderanlage besteht aus Antriebsmotor, Steuerdynamo und Erregermaschine, die in Drei-Lager-Bauart auf gemeinsamer Grundplatte aufgebaut sind. Dieser Steuermaschinensatz wurde nicht im Turmfördermaschinenhause, sondern in dem auf Zechenflur vorhandenen, etwa 50 m vom Schacht entfernten Kompressorengebäude aufgestellt. Auf die mit dem schwungradlosen Betriebe verbundenen Vorteile wurde teilweise insofern bewußt verzichtet, als nicht ein Umformer hoher Drehzahl, sondern verhältnismäßig niedriger Drehzahl mit theoretisch 600 U/min gewählt wurde. Entscheidend hierfür war die Absicht, einen besonders kräftigen Steuermaschinensatz zu erhalten, der unter erschwerten äußeren Betriebsbedingungen und bei beschränkter Betriebsaufsicht ein unbedingt störungsfreies Arbeiten sowie weitgehende Überlastungsmöglichkeit gewährleisten muß.

Der Antriebsmotor ist ein offener Drehstrommotor mit geschweißtem Gehäuse mit Eigenbelüftung, mit Regelschleifringanker ohne Bürstenabheber, mit Sonderisolation für feuchte und kohlenstaubhaltige Luft, bemessen für eine Leistung von 1400 kW bei 5000 V, 50 Hz. Der Wirkungsgrad bei Vollast und $\cos\varphi = 0{,}91$ ist 95 %.

Die Steuerdynamo ist eine Gleichstrom-Nebenschlußmaschine für eine Regelleistung von 2100 kW und für eine Spitzenleistung von 4600 kW bei 850 V und 93 % Wirkungsgrad bei Vollast. Die Maschine besitzt ebenfalls Sonderisolation. Das Erregerfeld besteht aus einer Hauptwicklung, die in zwei in Reihe geschaltete Gruppen unterteilt ist, und aus einem Hilfsfeld. Die Unterteilung des Hauptfeldes dient, wie später näher beschrieben wird, der Drehzahlverminderung des Fördermotors bei Seilfahrt. Das Hilfsfeld bezweckt in Verbindung mit der gleichfalls noch zu beschreibenden Kompoundierungseinrichtung eine Verbesserung in der Steuerfähigkeit der Fördermaschine.

Die Erregermaschine ist eine Gleichstrom-Verbunddynamo für 220 V und wurde mit 32 kW Leistung so reichlich bemessen, daß die Erregerspannung bei jeder in Frage kommenden Belastung ohne selbsttätige Regelung praktisch unverändert bleibt. Wie die Fördermaschine ist auch der Steuermaschinensatz für den Leistungsbedarf bei 1000 m Teufe und 5,6 t Nutzlast ausgeführt. Bei der baulichen Durchführung beider Maschinen wurden als höchste Erwärmungsgrenze nur 75 % der vom VDE festgesetzten Grenzwerte zugelassen, um von vornherein neben größter Betriebssicherheit die Möglichkeit für eine etwa notwendig werdende besonders schwere Beanspruchung der Förderanlage zu schaffen.

4. Sonstige Einrichtungen.

Die mit vier Tragflächen ausgerüsteten Förderkörbe besitzen Hobelfangvorrichtungen mit Tanzgewichtentriegelung nach dem Patent Schönfeld. Der besondere Vorzug dieses Patentes liegt darin, daß ein Eingreifen der Fangvorrichtung auch dann mit Sicherheit gewährleistet ist, wenn bei einem etwaigen Seilbruch die abgehenden Körbe noch ein längeres Seilschwanzende nachzuschleppen haben, das in manchen Fällen eine genügende Entlastung der Federn der Fangvorrichtung verhindert, so daß diese nicht auslösen können.

Bemerkenswert ist noch, daß die Förderanlage mit Seil-Stoßdämpfern[1]) ausgerüstet ist, die als federndes Zwischenglied zwischen Seilklemme und Förderkorb eingeschaltet sind.

[1]) Kruppsche Mh. 9 (1928) S. 106.

C. Betrieb der Anlage.

1. Förderleistung und Stromverbrauch.

Die bei jedem Zuge in 8 Förderwagen gehobene Nutzlast beträgt rechnerisch 5,6 t. Bei einer Fördergeschwindigkeit von 18 m/s ergibt sich aus 615 m Teufe bei dreimaligem Umsetzen eine Stundenleistung von 220 t, aus 750 m Teufe bei einmaligem Umsetzen 250 t/h. Was in Wirklichkeit aus der Maschine herausgeholt wird, zeigt der Ausschnitt des Tachographen-Diagramms (Abb. 4), das die Förderung aus 750 m Teufe wiedergibt. Zu beachten ist hierbei aber, daß bisher nur mit einer Geschwindigkeit von 15 m/s gefördert wurde, um die Seile möglichst zu schonen, und daß nicht einmal, sondern dreimal

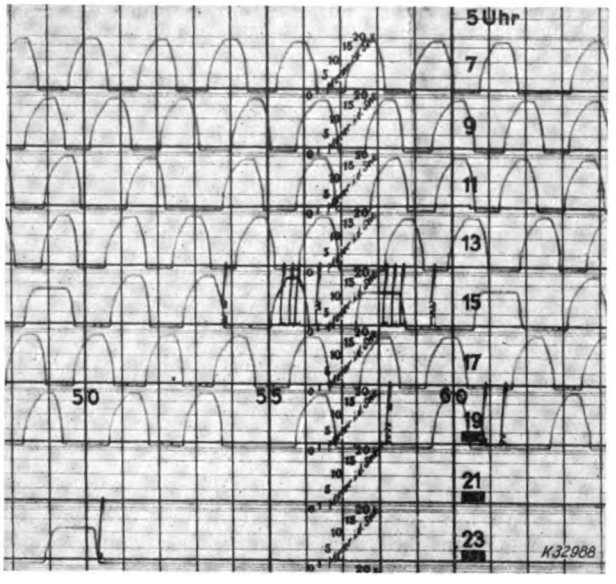


Abb. 4. Ausschnitt aus einem Diagrammstreifen des Tachographen der Fördermaschine.

umgesetzt wird, weil vorläufig noch kein Bedarf zu einer weiteren Verkürzung der Förderpausen vorliegt. Wie man sieht, werden anstandslos im Durchschnitt 33 Züge je Stunde gemacht, so daß rechnerisch eine Leistung von 185 t/h erzielt wird, die unter Berücksichtigung der herabgesetzten Fördergeschwindigkeit und des dreimaligen Umsetzens sehr gut mit der Solleistung übereinstimmt. Erreichbar ist dies aber im Dauerbetriebe nur durch den völligen Zusammenklang dreier Vorbedingungen: 1. muß eine gute Organisation des Grubenbetriebes für einen ununterbrochenen Zufluß des Kohlenstromes zum Schacht sorgen, 2. müssen die Anschläger sowohl auf der Sohle als auch auf der Hängebank über ein außergewöhnliches Maß von Gewandtheit verfügen und 3. muß das Umsetzen der Fördermaschine unbedingt zuverlässig erfolgen, ohne daß der Fördermaschinist es nötig hat, mehrmals hin- und herzusteuern. Von der 2. Forderung kann man sich einen Begriff machen, wenn man sich vorstellt, daß z. B. der Anschläger der Sohle fast gleichzeitig Stunden hindurch drei Arbeiten ausübt, indem er mit einem Fuß den Hebel zum Lüften der Bremssperre des Förderwagenzulaufes niederdrückt, mit der einen Hand den Hebel für die Förderwagenaufschiebevorrichtung betätigt und mit der anderen Hand den Bügel des Signalgebers anhebt. Auf diese Weise dauert das Beschicken eines Satzes im Durchschnitt nur 6 bis 7 s, so daß der ganze Förderkorb in etwa 24 bis 28 s abgefertigt werden kann. Möglich ist dies nur durch die schnelle Arbeitsweise des Fertigsignals[2]) und durch das Gefühl der unbedingten Sicherheit, das die vorzügliche Steuerfähigkeit der Fördermaschine den Anschlägern verleiht. Auf dem Diagrammstreifen ist auch die Aufzeichnung der im Fördermaschinenhaus eingehen-

[2]) Vgl. hierzu den späteren Aufsatz über die Signaleinrichtung der Förderanlage.

Digitized by Google

den Signale zu sehen. Da beim Fertigsignal Irrtümer ausgeschlossen sind, wird auf dessen Aufzeichnung verzichtet, um das Bild des Diagrammstreifens nicht zu verwirren. Dagegen werden sämtliche Signale der Einschlagsignalanlage vermerkt, so daß sich hierbei etwa einstellende Unregelmäßigkeiten nachträglich geprüft werden können.

Die Stromaufnahme der Fördermaschine zeigt das Leistungs- und Geschwindigkeitsdiagramm der Abb. 5. Ersichtlich hieraus ist der Anfahrverlauf mit zunächst gleichmäßiger, später geradlinig abnehmender Beschleunigung[3]), wodurch die Spitze der Kraftwerksbelastung abgebogen wird. Die Höchstbelastung des Kraftwerks beträgt bei 18 m Fördergeschwindigkeit und 5,6 t Nutzlast aus 615 m Teufe 1600 kW in der Anfahrspitze und 1200 kW im Beharrungszustand. Der Stromverbrauch der gesamten Anlage beläuft sich rechnerisch auf 1,40 kW je Schacht-

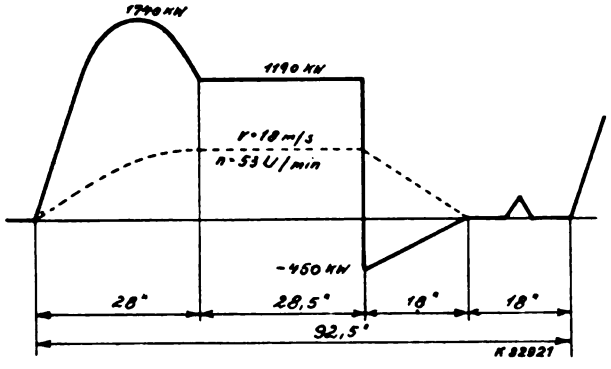


Abb. 5. Geschwindigkeits- und Leistungsdiagramm der Fördermaschine.

PS, dem bei einer Förderung von der 615 m-Sohle ein Aufwand von rd. 3 kWh je t Nettoförderung und aus 750 m Teufe von etwa 3,8 kWh/t entsprechen. Zum Vergleich sei erwähnt, daß bei den alten Leonard-Schwungradförderanlagen der Zeche Hannover unter ungefähr den gleichen Bedingungen der Stromverbrauch für die Förderung aus 615 m Teufe 4,3 kWh/t betrug.

2. Wartung der Anlage.

Diese erstreckt sich neben der Beaufsichtigung der Schmierstellen, der Schaltkontakte des Steuerschalters und dem Aufladen der Signalbatterien lediglich auf die Beobachtung der Kompoundierung[3]), von derem einwandfreien Arbeiten die Güte der Steuerfähigkeit abhängt. Änderungen im Widerstand des Leonard-Stromkreises, wie sie z. B. beim Auflegen eines neuen Bürstensatzes oder beim Abbimsen des Stromwenders der Steuerdynamo auftreten, beeinflussen wesentlich die Kompoundierung, was der Fördermaschinist sofort beim Umsetzen bemerkt. Die Probe auf die richtige Einstellung der Kompoundierung macht man in der Weise, daß man einen an der Hängebank stehenden Förderkorb mit normaler Kohlenladung bei geöffneter Bremse und Steuerhebelstellung in der Nullage absacken läßt. Theoretisch arbeitet die Kompoundierung dann richtig, wenn sie die Fördermaschine zum Stillstand bringt, ohne daß der Maschinist mit dem Steuerhebel nachhelfen muß. Da man aber gerne einen Stromübergang von der Bürste auf den stillstehenden Stromwender des Fördermotors vermeidet, genügt es, die Kompoundierung so einzustellen, daß die Treibscheibe der Fördermaschine eben unter Einwirkung der negativen Last „davonschleicht". Während des fast 6jährigen Betriebes hat die Anlage einwandfrei gearbeitet. Nur einmal trat eine Störung dadurch ein, daß ein Fördermaschinist aus Angewohnheit ständig versuchte, die Falle am Steuerhebel, die zu der Entriegelung der Feder im Gestänge zwischen Steuerhebel und Fahrtregler dient und nur in der Nähe der Nullage benutzbar ist[3]), auf dem ganzen Weg der Steuerhebelauslage fest anzuziehen. Hierdurch verschliß allmählich der Führungsstein, der eine Benutzung der Falle außerhalb des engbegrenzten Bereiches an der Nullage verhindern soll, so weit, daß schließlich in jeder beliebigen Stellung durch Zusammenpressen der Feder vorschriftswidrig zusätzlicher Treibstrom gegeben werden konnte. Durch Ersatz des Steines aus gehärtetem Stahl und ein entsprechendes Verbot hinsichtlich des falschen Gebrauches der Falle ist diesem Übelstande abgeholfen worden. Im Anschluß an eine Störung auf einer fremden Schachtanlage wurden dann noch die bisher üblichen Stromabnehmerbürsten am Hauptsteuerschalter durch hammerkopfförmige Bürsten mit abgerundeten Kanten ersetzt, um ein Festklemmen an den Fugen zwischen den einzelnen Kontaktstücken zu vermeiden. Im übrigen ist die gesamte Anlage unverändert geblieben und hat bis heute den zum Teil großen Anforderungen in jeder Beziehung entsprochen.

Zum Schluß noch ein Wort über erwünschte Verbesserungen bei einer etwaigen neuen Turmförderanlage. Ideal bleibt zunächst der gittergesteuerte Gleichrichterstromkreis an Stelle der bisherigen Leonard-Schaltung. Solange dies Ziel nicht erreicht ist und praxisreif wird, ist die Verwendung eines Kurzschlußankermotors für den Antrieb des Umformers anzustreben, um die Anlage zu vereinfachen. Zur Vermeidung der schweren und kostspieligen langen Leitungen des Gleichstromkreises ist die Aufstellung des Umformers im Turmfördergerüst erwünscht. Voraussetzung hierfür ist neben der befriedigenden Lösung der Gewichts- und Schwingungsfrage, daß bei eisernen Turmfördergerüsten eine Störung der Fördermaschinisten durch das Betriebsgeräusch des Umformers unbedingt vermieden wird. Dies erfordert schallsichere Aufstellung auf Kork- oder Filzunterlage und Isolierung des Maschinenraumes.

Zusammenfassung.

Nach einem geschichtlichen Hinweis auf die erste Turmförderanlage der Welt und die erste Treibscheibenfördermaschine wird die im Jahre 1930 in Betrieb genommene Turmförderanlage der Kruppschen Zeche Hannibal in Bochum beschrieben. Es werden zunächst kurz die Gründe für die Wahl der Turmbauweise und des elektrischen Antriebes angeführt und sodann die technischen Daten für Fördergerüst, Maschinenhaus, Fördermaschine und Umformer genannt. Abschließend wird über die Betriebserfahrungen berichtet, wobei besonders auf Förderleistung und Stromverbrauch sowie auf die Wartung der Anlage eingegangen wird.

[3]) Vgl. hierzu den späteren Aufsatz über die Schaltanlagen, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen der Förderanlage.

Die Schmelzzeit von Schmelzsicherungen.

621. 316. 923. 1

Frühere Messungen von van Liempt und de Vriend hatten die Gültigkeit der Meyerschen Formel $t = C\left(\frac{q}{I}\right)^2$ (t Schmelzzeit in s, q Querschnitt in cm², I Kurzschlußstrom in A) für dünne Sicherungen und Kurzschlußströme, die das Zehnfache des Grenzstromes betragen, sichergestellt[1]). Neuere Messungen derselben Verfasser an Moneldrähten mit stärkeren Kurzschlußströmen bestätigen wieder die Meyersche Formel. Ferner wurden verschiedene Haussicherungen untersucht. Auch hier stimmen die berechneten und gemessenen Werte gut überein, so daß man die Schmelzzeit dieser Sicherungen annähernd vorausberechnen kann.

Für größere Zeiten, oberhalb rd. 0,1 s, und entsprechend kleinere Kurzschlußströme ist die Meyersche Formel nicht mehr gültig, da die Sicherungen sich bei diesen Zeiten nicht mehr adiabatisch erwärmen. Werden die Sicherungen, nachdem sie eine halbe Stunde mit der Nennstromstärke belastet waren, gemessen, so ergeben sich für die Schmelzzeit der voll belasteten Sicherung bedeutend niedrigere Werte als bei der unbelasteten Sicherung, bei 6 A-Sicherung etwa die halbe Schmelzzeit[2]). *Br.*

[1]) ETZ 56 (1935) S. 593.

[2]) J. A. M. van Liempt und J. A. de Vriend, Z. Physik 98 (1935) S. 133.

Digitized by Google

Die Symmetrierung unsymmetrisch belasteter Drehstromnetze durch ruhende Ausgleichkreise.

Von Viktor Aigner VDE, Berlin.

621. 316. 13. 072. 7

Übersicht. Die Arbeit behandelt den Einfluß von Umspannerschaltungen auf die Belastung von Drehstromnetzen bei Anschluß von Einphasenlasten. Der Blindleistungsaufwand und die Größe des Drehstromleistungsfaktors bei Symmetrierung einer Einphasenlast durch zwei je an eine Dreieckspannung angeschlossene Blindwiderstände werden ermittelt. Die Bedingungen für die Symmetrierung einer Einphasenlast bei Verwendung von Ausgleichkreisen mit ihrer Größe und Vektorlage nach geregelten Spannungen werden untersucht. Abschließend werden die Beziehungen für die Regelung der Ausgleichspannungen bei Symmetrierung einer beliebig veränderlichen unsymmetrischen Belastung des Drehstromnetzes betrachtet.

1. Die Rückwirkung größerer Einphasenlasten auf die speisenden Drehstromnetze.

In neuerer Zeit wird häufiger die Frage des Anschlusses größerer Einphasenlasten an die Drehstrom-Landesversorgung erwogen, so daß das Problem der unsymmetrischen Belastung von Drehstromanlagen eine eingehendere Betrachtung lohnt. Naturgemäß versucht man durch Aufteilung der Einphasenlasten auf die drei Leiter des Drehstromnetzes eine möglichst weitgehende Symmetrie zu erreichen, die aber entweder wegen der Einmaligkeit der Einphasenlast oder infolge ungleichmäßigen zeitlichen Verhaltens der verteilten Einphasenlasten u. U. nur in unbefriedigender Weise zu erreichen ist, so daß sich die Aufgabe ergibt, eine vorgegebene Einphasenlast als solche oder aber die durch ungleichmäßige Verteilung mehrerer Einphasenlasten verbleibende resultierende Einphasenlast vollständig oder näherungsweise in symmetrische Drehstromlast überzuführen.

Das Kennzeichnende einer symmetrischen Drehstromlast besteht darin, daß der Wirkleistungsfluß zeitlich konstant ist, einer Einphasenlast darin, daß ihre Leistung mit der doppelten Netzfrequenz pulsiert, wie Abb. 1 zeigt. Aus dieser grundsätzlichen Verschiedenheit ergibt sich bei einphasiger Belastung eines Drehstromsystems sowohl eine Strom- als auch eine Spannungsverzerrung mit Nachteilen, die im folgenden kurz betrachtet seien.

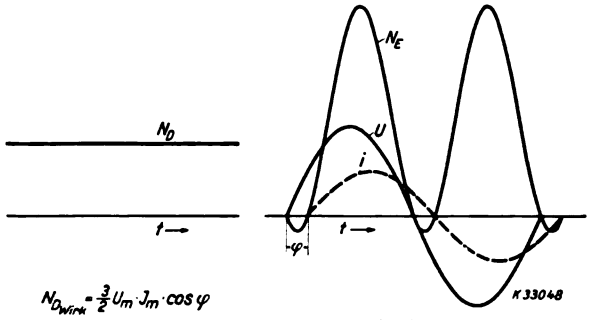


Abb. 1. Zeitlicher Leistungsverlauf.

Die Stromverzerrung wirkt sich durch erhöhte Verluste in den Leitungen und Generatoren aus, deren Dämpferkäfige bei größeren unsymmetrischen Dauerbelastungen in unzulässiger Weise erwärmt und somit schwer überlastet werden können[1]). Zu dieser thermischen Überlastung der Generatoren, die sich durch einen hinreichend großen Einsatz an Generatorleistung oder besondere Bemessung der Dämpferkäfige vermeiden läßt, gesellt sich, selbst bei idealem Dämpferkäfig, infolge der zwischen der Anschlußstelle der Einphasenlast und dem Generatorluftspalt vorhandenen Scheinwiderstände, in denen die unsymmetrischen Ströme unsymmetrische Spannungsabfälle hervorrufen, eine Spannungsverwerfung. Nach den R.E.M. 1930 (VDE 0530/1930, § 22) sind die Spannungen eines Mehrphasensystems als symmetrisch zu betrachten, solange das Gegensystem der Spannungen nicht größer als 5 % des Mitsystems der Spannungen ist. Eine größere Verzerrung der Spannung beim Abnehmer ist mit Rücksicht auf Zusatzverluste in Motoren und Abweichungen von den Spannungsnennwerten (Lichtausbeute) unzulässig.

[1]) Pohl, Elektrotechn. u. Maschinenb. 53 (1935) S. 25.

2. Der Einfluß verschiedener Umspannerschaltungen auf die Unsymmetrie eines Drehstromnetzes.

In der Abb. 2 sind beispielsweise verschiedene Umspannerschaltungen dargestellt, mit deren Hilfe eine einphasig betriebene Last aus einem Drehstromnetz gespeist werden könnte. Von den Schaltungen 2 d und 2 g kann abgesehen werden, weil sie, wie aus der Stromverteilung unmittelbar ersichtlich ist, eine besonders ungünstige Ausnutzung der Umspanner ergeben. Die eingezeichnete Stromverteilung läßt erkennen, daß die Schaltungen 2 a und b sowie 2 c, e und f je unter sich hinsichtlich der Übertragung und Verteilung der Einphasenbelastung auf die Drehstromseite völlig gleichwertig sind.

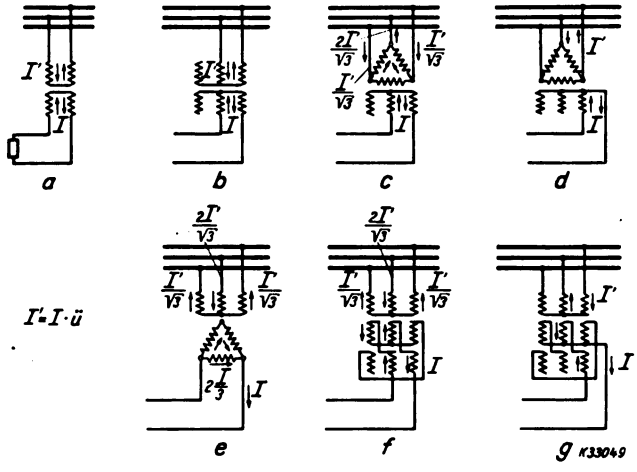


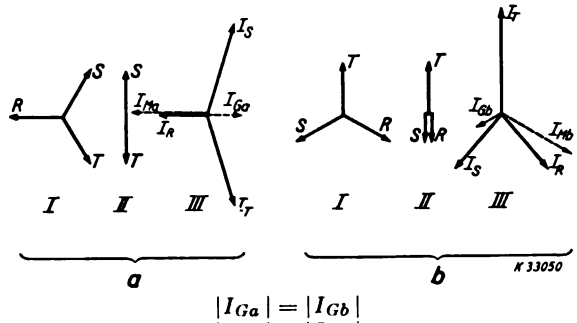
Abb. 2. Umspannerschaltungen für Einphasenspeisung.

Bei einer oberflächlichen Betrachtung könnte man meinen, daß den Schaltungen 2 c, e und f der Vorzug zu geben sei, weil sie im Gegensatz zu den Schaltungen a und b die Ströme auf alle drei Phasen des Drehstromnetzes verteilen. Bestimmt man die Stromverteilung auf der Drehstromseite für die beiden Schaltungsgruppen, so erhält man für die Schaltungen 2 a und b das Diagramm der Abb. 3 a II, für die Schaltungen 2 c, e und f das Diagramm 3 b II, also Diagramme, die sich äußerlich sehr voneinander unterscheiden. Fügt man zu den Strömen, die einer reinen Einphasenlast entsprechen, noch symmetrische Ströme hinzu (Abb. 3 a I und 3 b I), die beispielsweise von symmetrischen Abnehmern herrühren, die drehstromseitig

Digitized by Google

parallel zur Einphasenlast liegen, so ergibt die Überlagerung beider voneinander abweichende Diagramme gemäß Abb. 3 a III und 3 b III.

Zerlegt man die Diagramme der Abb. 3 a III und 3 b III nach dem Verfahren der symmetrischen Komponenten[2]) unter Voraussetzung gleicher Einphasen- und symmetrischer Last in den Fällen a und b, so ergeben sich in beiden Fällen der Größe nach dieselben Mit- und Gegensysteme, d. h. beide Schaltungsgruppen (2 a und b einerseits und 2 c, e und f anderseits) sind hinsichtlich der Strom-Mit- und Gegensysteme, die für die Beurteilung der Unsymmetrie und damit der Einwirkungen auf die Drehstromerzeuger sowie der Spannungsverlagerungen ausschlaggebend sind, völlig gleichwertig. Mit dieser grundlegenden Feststellung steht die Erfahrung in Einklang, daß eine Symmetrierung durch Schaltmaßnahmen beliebiger Art nicht erreicht werden kann[3]). Erst die Zuschaltung speicherfähiger Teile, wie Induktivitäten und Kapazitäten, oder umlaufender Maschinen[4]) ermöglicht eine Symmetrierung, wenn von der Verwendung Wirkleistung verbrauchender Ausgleichsbelastungen abgesehen wird. An der Beseitigung der Spannungsverzerrung, d. h. des Gegensystems der Spannung, beteiligen sich alle im Netz laufenden, mit einem Dämpferkäfig ausgerüsteten Drehstrommaschinen synchroner und asynchroner Art. Sie wirken für das Spannungsgegensystem als mehr oder weniger vollständiger Kurzschluß.



$$|I_{Ga}| = |I_{Gb}|$$
$$|I_{Ma}| = |I_{Mb}|$$

Abb. 3. Stromschaubilder bei unsymmetrischer Drehstromlast.

Da bei gegebener Größe der Einphasenlast je nach Maßgabe des wirtschaftlich verfügbaren Maschineneinsatzes und der zwischen Spannungsquelle und Einphasenlast wirksamen Scheinwiderstände einerseits die einphasige Strombelastung der Stromerzeuger, anderseits die Spannungsverzerrung bei den Abnehmern trotz der im Netz laufenden Motoren unzulässig groß werden kann, erwächst u. U. die Notwendigkeit von Einrichtungen, die eine symmetrische Belastung von Drehstromnetzen trotz des Anschlusses einphasiger Belastungen gestatten.

3. Die Symmetrierung einphasiger Belastungen durch Anschluß von Speicherkreisen an die Dreieck-Spannungen des Drehstromsystems.

a) Die Größe des Mit- und Gegensystems.

Nach dem Verfahren der symmetrischen Komponenten erhält man, wenn die drei Phasenströme I_R, I_S und I_T gegeben sind, ihr Mitsystem nach der Beziehung

$$I_M = \frac{1}{3}\,(I_R + a\,I_S + a^2\,I_T), \qquad (1)$$

ihr Gegensystem nach der Beziehung

$$I_G = \frac{1}{3}\,(I_R + a^2\,I_S + a\,I_T), \qquad (2)$$

wenn jeweils von dem Vektor I_R ausgegangen wird und a eine Vektordrehung um 120°, a^2 eine solche um 240° darstellt.

Von einem Nullsystem kann abgesehen werden, da es in den hier ausschließlich betrachteten von Erde isolierten Drehstromsystemen nicht auftreten kann. Nach (1) und (2) ergibt sich für eine Dreieckbelastung mit den Belastungsscheinwiderständen Z_{RS}, Z_{RT} und Z_{ST} für das Mitsystem

$$I_M = \left(\frac{1}{Z_{RS}} + \frac{1}{Z_{RT}} + \frac{1}{Z_{ST}}\right) U_R \qquad (3)$$

und für das Gegensystem

$$-I_G = \frac{U_R}{Z_{ST}} + \frac{U_S}{Z_{RS}} + \frac{U_T}{Z_{RT}}, \qquad (4)$$

wenn U_R, U_S und U_T die symmetrischen Sternspannungen des Drehstromsystems darstellen.

Man erkennt aus Gl. (4) sofort, daß das Gegensystem der Ströme verschwindet, sobald die drei Belastungswiderstände einander gleich werden, da die geometrische Summe der drei symmetrisch vorausgesetzten Sternspannungen Null ergibt. Bei symmetrischer Belastung tritt mithin nur ein Mitsystem auf, das Gegensystem und die mit ihm verbundenen Verluste sind die unmittelbare Folge der Unsymmetrie.

Handelt es sich nicht um eine unsymmetrische Belastung der drei verketteten Spannungen gemäß Gl. (3) und (4), sondern um eine reine Einphasenlast, so ergibt sich aus (3) und (4) für $Z_{RS} = \infty = Z_{RT}$ für das Mitsystem

$$I_M = \frac{U_R}{Z_{ST}} \qquad (5)$$

und für das Gegensystem

$$-I_G = \frac{U_R}{Z_{ST}}. \qquad (6)$$

Die Gleichungen (5) und (6) bedeuten, daß Mit- und Gegensystem einander gleich, jedoch um 180° gegeneinander verschoben sind. Abb. 4 a und b zeigen die Vektorlage der beiden Systeme relativ zum Spannungsstern, Abb. 4 c zeigt ihre Zusammensetzung bei reiner Wirklast, 4 d, e, f zeigen dasselbe bei gleicher Größe der Wirklast, jedoch gemischt induktiver Belastung mit $\cos\varphi = 0{,}8$. Mit- und Gegensystem sowie ihre Zusammensetzung drehen sich um den Phasenverschiebungswinkel im Sinne einer Nacheilung.

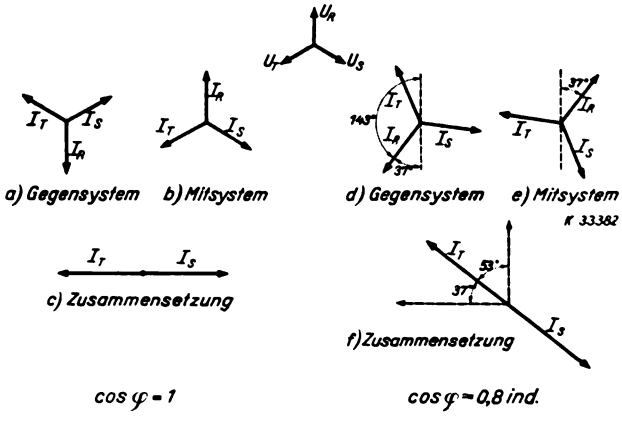


Abb. 4. Zusammensetzung von Mit- und Gegensystem.

Aus den Gl. (5) und (6) läßt sich übrigens sofort das Verhältnis der Größe von Mit- und Gegensystem zu der Größe des Einphasenstromes ableiten. Letzterer ist durch den Belastungsscheinwiderstand und die verkettete Spannung $\left(I_e = \frac{U_v}{Z_{ST}}\right)$, erstere sind durch die Sternspannung und den Scheinwiderstand $|I_M| = I_G = \left|\frac{U_R}{Z_{ST}}\right|$ be-

[2]) Vgl. G. Oberdorfer: Das Rechnen mit symmetrischen Komponenten, Leipzig: Teubner 1929.

[3]) H. Wilbert, ETZ 56 (1935) S. 1411. C. Aron, Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 25. R. Widdmann, Elektrotechn. u. Maschinenb. 51 (1933) S. 390.

[4]) Roese, ETZ 56 (1935) S. 1069. K. Hessenberg, Elektrotechn. u. Maschinenb. 50 (1932) S. 342. H. Th. Berg, ETZ 51 (1930) S. 601.

Digitized by Google

stimmt. Mit- und Gegensystem entsprechen mithin ihrer Größe nach dem $1/\sqrt{3}$fachen des Einphasenstromes.

b) Symmetrierung durch zwei je an eine verkettete Spannung angeschlossene Blindwiderstände.

Das Gegensystem als Folge der Unsymmetrie muß nach dem hier geltenden Überlagerungsprinzip verschwinden, wenn ihm zweckmäßig am Ort seiner Entstehung ein zweites Gegensystem überlagert wird, das von gleicher Größe, jedoch entgegengesetzt gerichtet ist. Gelingt dies, so führt die speisende Drehstromleitung nur noch einen Mitstrom, also ein symmetrisches Stromsystem, wodurch die Stromerzeuger von dem gegenläufigen Stromsystem befreit werden und auch das Spannungssystem im ganzen Netz symmetrisch wird. Das zusätzliche Ausgleich-Gegensystem muß daher allgemein dem Ausdruck

$$I_G^A = -I_G \tag{7}$$

entsprechen, wobei I_G bei reiner Einphasenlast der Gl. (6) und I_G^A der Gl. (4) bei entsprechender Anpassung an die jeweilige Schaltung genügen.

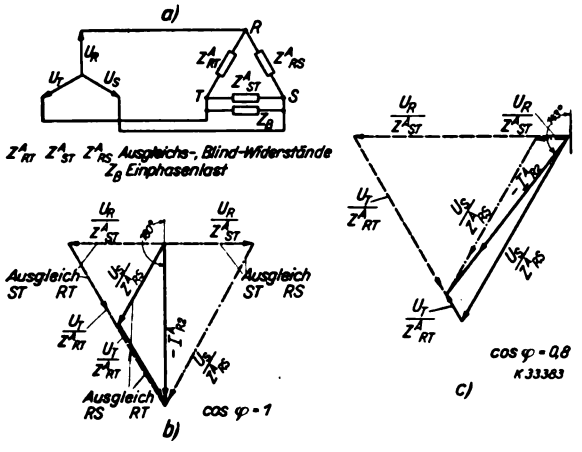


Abb. 5. Symmetrierung mittels zweier Blindwiderstände. ($I_{R_s}^A = I_G^A$, bezogen auf I_R.)

Grundsätzlich läßt sich das erforderliche Ausgleichgegensystem I_G^A gemäß Gl. (4) durch einen, zwei oder drei an die Dreieckspannungen angeschlossene Widerstände bzw. drei in Stern geschaltete Widerstände erzielen[5]). Es läßt sich einfach zeigen, daß die Symmetrierung mit nur einem an eine verkettete Spannung angeschlossenen Widerstand praktisch ausscheidet, weil dieser Widerstand im allgemeinen komplex sein müßte, also Wirkverluste hervorruft, die untragbar sind. Bei Verwendung von zwei je an eine Dreieckspannung angeschlossenen reinen Blindwiderständen ist es hingegen möglich, zusätzliche Wirkverluste weitgehend zu vermeiden. Während sich bei Verwendung von zwei Ausgleichblindwiderständen bei gegebener Einphasenlast für jede Anschlußart der Ausgleichblindwiderstände nur eine einzige mögliche Bemessung der Blindwiderstände ergibt, ist bei Verwendung von drei Blindwiderständen die insgesamt erforderliche Ausgleichleistung größer als bei zwei Ausgleichwiderständen und ferner eine unendliche Zahl von Lösungen möglich, so daß praktisch nur die Verwendung von zwei Ausgleichwiderständen in Betracht kommt.

Abb. 5 a zeigt die verschiedenen Möglichkeiten, bei gegebener Einphasenlast Z_B die Ausgleichblindwiderstände Z^A anzuschließen, die beliebig paarweise miteinander verwendet werden können. Abb. 5 b und c zeigen für eine Einphasenlast Z_B die Ausgleichdiagramme für einen Einphasen-Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 1$ und 0,8 induktiv für die drei möglichen Kombinationen der Ausgleichblindwiderstände. Der Vektor des Ausgleichgegensystems $-I_G^A$ kann z. B. nach Abb. 5 b entweder durch die Summe der Stromvektoren

$$\frac{U_S}{Z_{RS}^A} \text{ und } \frac{U_T}{Z_{RT}^A} \text{ oder } \frac{U_R}{Z_{ST}^A} \text{ und } \frac{U_T}{Z_{RT}^A} \text{ bzw. } \frac{U_R}{Z_{ST}^A} \text{ und } \frac{U_S}{Z_{RS}^A}$$

gewonnen werden.

Abb. 5 c läßt erkennen, daß durch den Übergang auf $\cos\varphi = 0{,}8$ in zwei Widerstandskombinationen je einer der Vektoren seine Richtung um 180° gedreht hat, der zugehörige Blindwiderstand mithin sein Vorzeichen gewechselt hat (Übergang von Kapazität auf Induktivität und umgekehrt). Der Scheinwiderstand der Einphasenlast entspricht

$$Z_{ST} = Z_B = \frac{U_v^2}{N_s} \cdot \varepsilon^{j\varphi}, \tag{8}$$

wenn U_v die verkettete Spannung in kV, N_s die Scheinleistung der Einphasenlast in kVA und φ den dem Leistungsfaktor entsprechenden Phasenwinkel darstellen.

Mit Gl. (6) u. (7) ergibt sich der Ausgleich-Gegensystemvektor zu

$$I_G^A = -\frac{N_s}{\sqrt{3}\,U_v} \cdot \varepsilon^{-j\varphi} = -\frac{N_s}{3\,U_R} \cdot \varepsilon^{-j\varphi}, \tag{9}$$

wobei die Winkel von der Richtung U_R aus zu rechnen sind. Gl. (9) muß gleichzeitig Gl. (4) erfüllen, wenn in ihr die jeweils beteiligten endlichen Z-Werte das Kennzeichen Z^A erhalten. Die den Ausgleich-Gegensystemvektor I_G^A jeweils bildenden Komponenten ergeben sich z. B. aus der zeichnerischen Lösung als Teilströme gemäß Abb. 5, womit die Blindwiderstände Z^A durch Strom- und Sternspannung gegeben sind. Da die Blindwiderstände an den verketteten Spannungen liegen, ergibt sich ihre Blindleistung zu

$$N_A = \frac{U_v^2}{Z^A}. \tag{10}$$

Für Abb. 6 wurden nach dem gekennzeichneten Verfahren die für vollkommene Symmetrierung erforderlichen Ausgleichblindleistungen nach Größe und Vorzeichen in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor der Einphasenlast, bezogen auf die Scheinleistung der Einphasen-

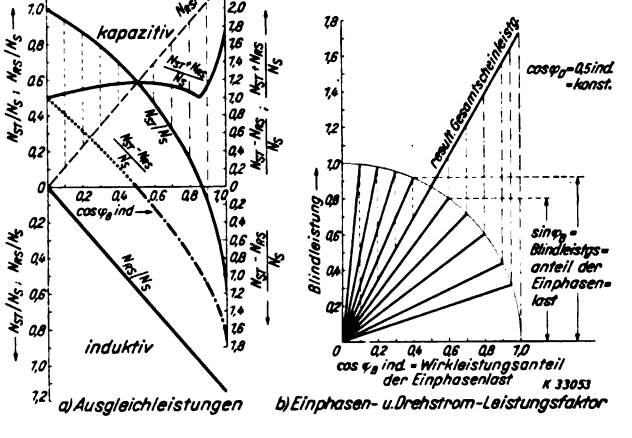


Abb. 6. Symmetrierung durch zwei Blindwiderstände Z_{RS}^A und Z_{ST}^A.

last, unter der Voraussetzung ermittelt, daß die Einphasenlast gemäß Abb. 5 a an der verketteten Spannung U_{ST} und die Ausgleichblindwiderstände an den verketteten Spannungen U_{ST} und U_{RS} liegen. Der eine Ausgleichblindwiderstand liegt also parallel zur Einphasenlast. In der Abb. 6 a sind kapazitive Leistungen nach oben, induktive nach unten aufgetragen. Man erkennt, daß die bezogene Ausgleichblindleistung N_{ST}/N_S bei

[5]) K. Hessenberg, wie Fußnote 4, sowie Elektrotechn. u. Maschinenb. 49 (1931) S. 273. — V. Genkin, Rev. gen. Electr. 20 (1926) S. 123. — G. Hauffe, Elektrotechn. u. Maschinenb. 50 (1932) S. 85.

Digitized by Google

$\cos\varphi_B = 0$ kapazitiv gleich 1 ist. Die rein induktive Einphasenlast wird mithin durch eine gleich große kapazitive Blindleistung vollständig kompensiert, so daß aus dem Drehstromnetz weder Wirk- noch Blindleistung bezogen wird, da die bezogene Ausgleichblindleistung N_{RS}/N_S vom Werte Null bei $\cos\varphi_B = 0$ linear mit wachsendem $\cos\varphi_B$ auf den induktiven Wert von rd. 1,15 steigt. Die Ausgleichleistung N_{ST}/N_S durchläuft hingegen längs eines Kreisbogens bei $\cos\varphi_B = 0{,}866$ den Wert Null, wechselt also das Vorzeichen und erreicht bei $\cos\varphi_B = 1$ den induktiven Wert von rd. 0,58.

Klappt man die Kurve für N_{RS}/N_S aus dem 4. Quadranten in den 1. Quadranten um, und bildet man die Unterschiedswerte der Ausgleichblindleistungen unter Berücksichtigung ihrer Vorzeichen, d. h. beachtet man, daß sich induktive und kapazitive Blindleistungen gegenseitig kompensieren, so erkennt man unmittelbar, daß sich die Ausgleichblindleistungen bei einem Last-$\cos\varphi_B = 0{,}5$ zu Null ergänzen. Bei induktiven $\cos\varphi_B$-Werten $< 0{,}5$ überwiegt die kapazitive Ausgleichblindleistung, bei $\cos\varphi_B$-Werten $> 0{,}5$ überwiegt hingegen die induktive Ausgleichblindleistung gemäß dem Verlauf der Kurve

$$(N_{ST} - N_{RS})/N_S.$$

In Abb. 6 a sei ferner auf den Verlauf der Kurve verwiesen, die die Summe der Ausgleichblindleistungen unabhängig vom Vorzeichen in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor der Einphasenlast darstellt. Sie steigt vom Werte 1 bei $\cos\varphi_B = 0$ auf etwa 1,15 bei $\cos\varphi_B = 0{,}5$, um bei $\cos\varphi_B = 0{,}866$ wieder den Wert 1 zu erreichen. Von hier steigt sie bis auf 1,73 bei $\cos\varphi_B = 1$. Die Summe der Ausgleichblindleistungen erreicht bei jenen $\cos\varphi_B$-Werten den Wert 1, bei denen ein einziger Blindwiderstand für die vollständige Symmetrierung genügt. Demgemäß fällt in dem $\cos\varphi_B = 0{,}866$ entsprechenden Diagramm (vgl. Abb. 5 b und c) der Vektor $\frac{U_S}{Z^A_{RS}}$ mit $-I^A_G$ zusammen. Beachtlich ist, daß bis auf die $\cos\varphi_B$-Werte 0 und 0,866 die insgesamt erforderliche Ausgleichblindleistung die Scheinleistung der Einphasenlast nicht unbeträchtlich überschreitet.

Der Drehstromleistungsfaktor $\cos\varphi_D$ ergibt sich aus Abb. 6 b, die zeigt, daß dieser unabhängig vom Leistungsfaktor $\cos\varphi_B$ der Einphasenlast den Wert $\cos\varphi_D = 0{,}5$ induktiv annimmt. Der Viertelkreisbogen entspricht der konstant angenommenen Einphasenscheinleistung. Bei einem Leistungsfaktor von $\cos\varphi_B = 0{,}5$ induktiv der Einphasenlast ergänzen sich die Ausgleichblindleistungen gemäß Abb. 6 a zu Null, so daß auch im speisenden Netz ein $\cos\varphi_D = 0{,}5$ induktiv auftritt.

Zieht man für den Bereich $\cos\varphi_B < 0{,}5$ von dem jeweiligen induktiven Blindleistungsanteil der Einphasenlast den zugehörigen kapazitiven Überschuß an Ausgleichblindleistung ab, so ergibt sich eine restliche induktive Blindleistung, die mit der entsprechenden Wirkleistung wiederum einen Drehstromleistungsfaktor von $\cos\varphi_B = 0{,}5$ induktiv ergibt. Im Bereich $\cos\varphi_B > 0{,}5$ ist die Überschuß-Ausgleichleistung induktiver Natur und gerade so groß, daß die Summe aus dem induktiven Anteil der Einphasenlast und der Überschuß-Ausgleichleistung zusammen mit dem Wirkleistungsanteil der Einphasenlast wiederum einen induktiven Drehstrom-$\cos\varphi_D = 0{,}5$ ergibt. Dieser niedrige induktive Netz-$\cos\varphi_D$ wird in den seltensten Fällen erwünscht sein.

Entwickelt man die der Abb. 6 entsprechenden Kurven unter der Voraussetzung, daß die Ausgleichwiderstände an den Spannungen U_{TR} und U_{RS} liegen, so erhält man die Abb. 7 a, aus der der Verlauf der Ausgleichblindleistungen in gleicher Weise wie in Abb. 6 abgelesen werden kann.

Die über den ganzen $\cos\varphi_B$-Bereich induktive resultierende Ausgleichblindleistung ergibt für den geometrischen Ort der resultierenden Gesamtscheinleistung, der in Abb. 6 b eine Gerade ist, nach Abb. 7 b eine Viertelellipse mit den bezogenen Scheinleistungsgrenzen 3 und 1, wobei der Drehstrom-$\cos\varphi_D$ mit wachsendem Einphasen-$\cos\varphi_B$ von 0 nach 1 strebt, jedoch stets erheblich schlechter als der Einphasen-$\cos\varphi_B$ wird (z. B. $\cos\varphi_B = 0{,}8 : \cos\varphi_D = 0{,}408$).

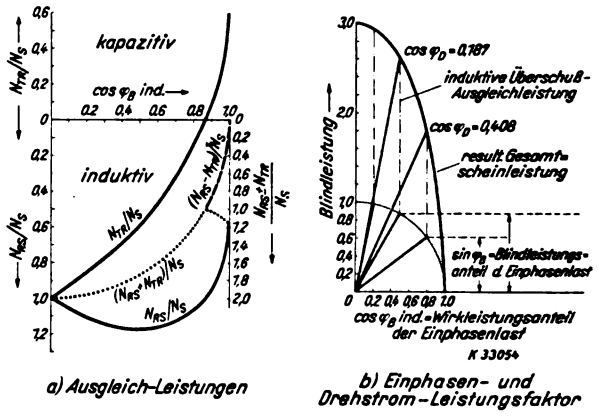


Abb. 7. Symmetrierung durch zwei Blindwiderstände Z^A_{RS} und Z^A_{TR}.

Unter der Voraussetzung, daß die Ausgleichblindwiderstände an den Spannungen U_{ST} und U_{TR} liegen, ergibt sich für den Verlauf der bezogenen Ausgleichblindleistungen Abb. 8 a, während die Wirkung der Ausgleichblindleistungen auf den resultierenden Drehstrom-Leistungsfaktor Abb. 8 b zeigt, derzufolge sich für den geometrischen Ort der Gesamtscheinleistung eine Gerade ergibt, deren Neigung einem kapazitiven Leistungsfaktor von $\cos\varphi_D = 0{,}5$ im speisenden Drehstromnetz entspricht.

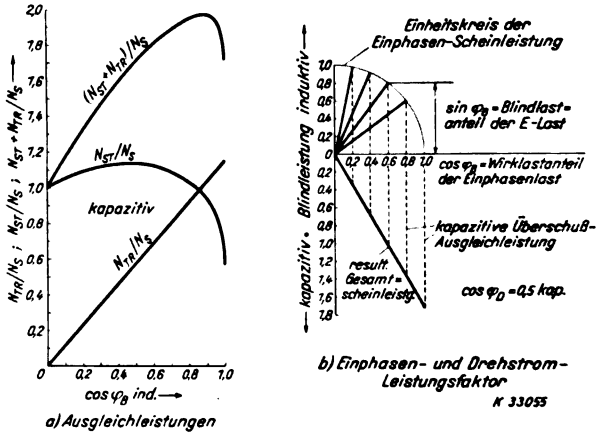


Abb. 8. Symmetrierung durch zwei Blindwiderstände Z^A_{ST} und Z^A_{TR}.

Aus den bisherigen Betrachtungen ist zu entnehmen, daß durch den Anschluß von zwei Ausgleichblindwiderständen geeigneter Größe an je eine verkettete Spannung zwar eine vollkommen symmetrische Belastung des speisenden Drehstromnetzes erreicht werden kann, daß aber der hierzu erforderliche Aufwand an Ausgleichblindleistung in allen Schaltgruppen beträchtlich die Scheinleistung der Einphasenlast bis zum 1,73fachen und sogar zweifachen Wert übersteigt. In sämtlichen drei Schaltgruppen nimmt außerdem der drehstromseitige Leistungsfaktor niedrige induktive oder kapazitive Werte an, die im allgemeinen nicht erwünscht sind. *(Schluß folgt.)*

Digitized by Google

Die Verwendung schwingfähiger Anordnungen für Alarmzwecke.

Von K. Nentwig, Bernau bei Berlin.

621. 396. 615 : 654. 92

Übersicht. Der Aufsatz will die Möglichkeiten aufzeigen, die eine Verwendung schwingfähiger Anordnungen für Alarmzwecke gestatten.

Während bei Alarmanlagen früherer Jahre die Schwächung oder Verstärkung des im eigentlichen Alarmkreis fließenden Stromes durch Öffnen oder Schließen von verschieden gestalteten Kontaktanordnungen bewirkt wurde, ist man im letzten Jahrzehnt vielfach dazu übergegangen, den eigentlichen Alarmstromkreis über eine lichtelektrische Zelle zu betätigen. Derartige Anlagen werden jedoch wegen ihrer Gestehungskosten in Wohnräumen u. dgl. kaum weite Verbreitung finden. Man kann aber, wie Versuche des Verfassers gezeigt haben, mit geringerem Aufwand alle an Alarmanlagen zu stellenden Anforderungen erfüllen, wenn von schwingfähigen Anordnungen Gebrauch gemacht wird. Für solche Zwecke ist z. B. ein kleiner Röhrensender geeignet.

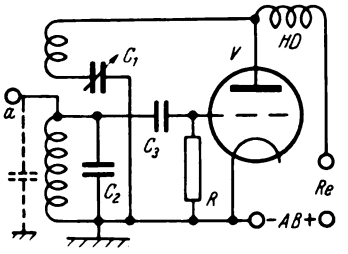


Abb. 1. Anordnung für Alarmgebung im schwingungslosen Zustand. R und C_3 üblicher Gitterableitwiderstand und Gitterkondensator.

Die Anforderungen an derartige Alarmanlagen sind kurz folgende: Nach der erstmaligen Einstellung am Benutzungsort soll möglichst keine Nachregelung notwendig sein; die gesicherte Strecke muß für den Uneingeweihten unerkennbar sein und sollte möglichst eine größere Ausdehnung aufweisen. Die Anlage soll ferner so wenig träge sein, daß bereits ein kurzzeitiges Beschreiten der gesicherten Strecke den Alarm auslöst. Diesen Forderungen kann mit Hilfe schwingfähiger Anordnungen völlig genügt werden.

Betrachtet man bei einer schwingfähigen Anordnung (Röhrensender) den Zusammenhang zwischen Anodenstrom und Schwingungszustand, dann bieten sich für die Ausnutzung dieses Zusammenhanges zur Alarmgebung zwei Möglichkeiten. Erstens kann der Alarmstromkreis dann schließen, wenn die Schwingung abreißt, und zweitens kann der Alarm auch durch den Einsatz der Schwingungen ausgelöst werden. In beiden Fällen ist eine Beeinflussung des Schwingungszustandes dadurch möglich, daß das aus der ersten Zeit des Rundfunks bekannte Übel der sogenannten „Handempfindlichkeit" zum Prinzip erhoben wird. Die Abb. 1 gibt die Teilschaltung einer Anordnung wieder, bei der das A u s setzen der Schwingungen zum Alarm führt. Es handelt sich um eine einfache Rückkopplungsschaltung mit induktiv-kapazitiver Rückkopplung, die durch Betätigung von C_1 verändert werden kann. Im Anodenkreis der Röhre V befindet sich neben der üblichen Hochfrequenzdrossel HD noch das Relais Re, dessen Kontakt (Arbeitsstromkontakt) den eigentlichen Alarmstromkreis (Klingel, Sirene od. dgl.) betätigt. Mit der am gitterseitigen Ende des aus C_2 und der parallel liegenden Spule gebildeten Schwingungskreis liegenden Buchse a wird eine „Antenne" verbunden. Nach Anschluß der Stromquellen stellt sich zunächst ein kleiner Anodenstrom ein, so daß das Relais Re seinen Anker noch nicht anzieht und damit auch der Alarmstromkreis geöffnet bleibt. Nähert sich jetzt eine Person dem bei a angeschlossenen Drahtgebilde, so hat dies die gleiche Wirkung wie ein zu C_2 parallel gelegter Kondensator (gestrichelt gezeichnet). Unter der Voraussetzung, daß C_1 entsprechend eingestellt ist, werden also nun die Schwingungen abreißen. Damit steigt auch der Anodenstrom, das Relais zieht seinen Anker an, und damit wird der Alarmstromkreis geschlossen.

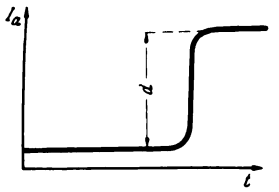


Abb. 2. Anodenstromverlauf für eine Schaltung nach Abb. 1.

Die Abb. 2 zeigt den Anodenstromverlauf I_a in Abhängigkeit von der Zeit t und erfaßt gleichzeitig den Augenblick eines Alarms. Soll bei einer Anordnung nach Abb. 1 das Relais sicher ansprechen, so muß zunächst die Stromdifferenz d (Abb. 2) möglichst groß sein. Zweitens soll I_a im Augenblick der Schwingungslosigkeit, also bei Eintrit des Alarms, einen möglichst hohen Wert annehmen. Nachteilig wäre bei der Anordnung u. U. der ständige Schwingzustand.

Eine andere Anordnung, bei der der Schwingungs e i n s a t z zum Alarm führt, zeigt die Abb. 3. Gegenüber der Abb. 1 sind nur geringfügige Unterschiede vorhanden. So liegt z. B. die Buchse a und damit auch die mit a verbundene „Antenne" nicht an der Gitter-, sondern an der Rückkopplungsspule. Hinsichtlich des Relais ist zu sagen, daß in diesem Falle eine Ausführung mit R u h e s t r o m kontakt zu benutzen wäre. Mit Hilfe von C_1 ist dafür zu sorgen, daß die Schaltung kurz vor dem Schwingungseinsatz steht; der Anodenstrom der Röhre hat dann seine volle Höhe, und der Alarmstromkreis ist offen. Nähert sich dann eine Person dem bei a angeschlossenen Drahtgebilde, so hat dies hier die gleiche Wirkung wie ein zu C_1 parallel gelegter Kondensator (gestrichelt gezeichnet): Die Schwingungen setzen ein und der Anodenstrom sinkt. Damit fällt auch der Anker des Relais ab, und der eigentliche Alarmstromkreis wird geschlossen. Abb. 4 zeigt den Anodenstromverlauf für die Schaltung der Abb. 3. Auch hier ist die Stromdifferenz d von gewisser Bedeutung. Im schwingungslosen Zustand muß der Anodenstrom so groß sein, daß der Relaisanker sicher gehalten wird. Schwingt aber die Röhre, so soll der sich dann einstellende Anodenstrom möglichst noch etwas unterhalb der Abfallstromstärke des Relais liegen, damit der Anker schnell und sicher abfällt.

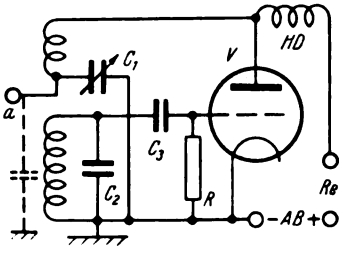


Abb. 3. Anordnung mit Alarmgebung im Schwingungszustand. Die Einzelteile entsprechen denen der Abb. 1.

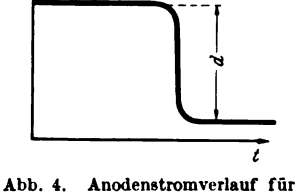


Abb. 4. Anodenstromverlauf für eine Schaltung nach Abb. 3.

Die Schaltung der Abb. 3 erscheint für den gedachten Zweck besonders geeignet, da sich u. a. die erstmalige Einstellung der Schwingungskreise sehr einfach gestaltet.

Digitized by Google

Der Kondensator C_2 des Gitterkreises muß um so größer sein, je länger der bei a angeschlossene Draht ist. Die Rückkopplungsspule ist so groß zu wählen, daß die Schwingungen schon bei sehr kleiner Kapazität von C_1 (max. 100 cm) einsetzen. Ein besonderer Vorteil der Schaltung der Abb. 3 ist schließlich darin zu erblicken, daß Schwingungen nur in den Zeiten eines Alarms erzeugt werden; eine Störung benachbarter Rundfunkanlagen ist also unmöglich. Eine solche Störung ist auch schon deswegen unwahrscheinlich, weil die Grundwelle in allen Fällen über 2000 m zu liegen kommt.

Die vollständige Schaltung eines vom Verfasser gebauten Modellgerätes zeigt Abb. 5. Die Anodenspannung, etwa 60 V, wird vom Trockengleichrichter G gleichgerichtet, der in der vorliegenden Schaltung eine Doppelweggleichrichtung ergibt. Mit gleich gutem Erfolg könnte

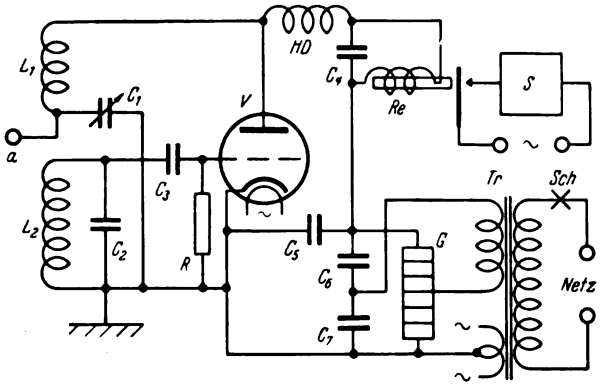


Abb. 5. Schaltung eines Modellgerätes.

auch eine kleine Einweg-Gleichrichterröhre benutzt werden. Der Kondensator C_5 ist der übliche Ladungskondensator. Die Spule L_2 und der Kondensator C_2 sind so zu bemessen, daß die sich ergebende Grundwelle über 2000 m liegt. Die Rückkopplungsspule L_1 weist zweckmäßig einige, in Abb. 5 jedoch nicht gezeichnete Anzapfungen auf, da hierdurch die erstmalige Einstellung sehr erleichtert und vereinfacht wird. Obwohl das Modellgerät an einem Netz mit starken Spannungsschwankungen arbeitete, erwiesen sich besondere Mittel zur Konstanthaltung der Anodenspannung als überflüssig. Selbst bei Über- und Unterspannungen von mehr als 20 V konnte ohne jede Nachregelung der Abstimmung ein völlig sicheres Arbeiten festgestellt werden! Als Stromquelle für das eigentliche Alarmgerät (S) wurde im Modellgerät des Verfassers die Heizspannungswicklung des Transformators Tr benutzt, jedoch könnte auch jede andere Stromquelle benutzt werden. Eine vom Lichtnetz unabhängige Stromquelle hat z. B. noch den Vorteil, daß ein Alarm auch bei böswilliger Unterbrechung der Netzzuleitung (Hausanschluß) eintritt.

Abschließend seien noch einige Angaben über das bei a anzuschließende Drahtgebilde und die erste Einstellung gemacht. Als Leitung kann einfache Gummiaderlitze, Hochfrequenzlitze, Klingeldraht od. dgl. herangezogen werden. Der Draht wird auf der zu sichernden Strecke in Zickzack- oder Mäanderform gespannt. Ist die zu sichernde Strecke ein Korridor od. dgl., dann kann man den Draht z. B. auf der Unterseite des Läufers, unter der Türfußmatte od. dgl. annähen. Ohne Beeinträchtigung der Wirkung kann der Draht unter den Fußbodenbrettern angebracht werden, da der Abstand zwischen Drahtgebilde und darüber schreitendem Fuß ohne weiteres bis zu 20 cm und mehr betragen kann. Auch irgendwelche Metallgebilde, Türschlösser sowie Blechhinterkleidungen von Türen usw. können gleichfalls mit dem Draht leitend verbunden werden. Jede Annäherung an diese Metallteile oder gar eine Berührung derselben führt dann gleichfalls zur Alarmgebung.

Ist der Draht angeschlossen, so wird nach Anschluß der Erde (Wasserleitung) die erste Einstellung folgendermaßen vorgenommen. Zunächst wird versucht, bei Benutzung nur eines Teiles der Rückkopplungsspule, durch Betätigung von C_1 das Gerät zum Schwingen zu bringen. Ist das nicht möglich, so wird C_2 so lange vergrößert, bis die Schwingungen bereits bei sehr kleiner Kapazität von C_1 einsetzen. Ist der bei a angeschlossene Draht sehr lang oder sind große Metallgebilde angeschlossen, so kann C_2 ziemlich große Werte (5000 bis 10 000 cm) annehmen. Es kommt aber durchaus nicht auf Einhaltung einer genauen Größe von C_2 an, denn bei mehrfach angezapfter Rückkopplungsspule ist durch Benutzung dieser oder jener Anzapfung stets genügend Spielraum zur richtigen Einstellung des Gerätes gegeben. Richtig eingestellt ist das Gerät dann, wenn bei kleiner Kapazität von C_1 das Gerät kurz vor dem Schwingungseinsatz steht, sofern sich keine Person in unmittelbarer Nähe des bei a angeschlossenen Drahtgebildes befindet. Eine Nachregelung der Einstellung ist dann nicht mehr erforderlich. Diese Nachregelung (Betätigung von C_1) wird nur nötig, wenn in der Nähe des Drahtgebildes befindliche größere Möbelstücke anders angeordnet werden.

Zusammenfassung.

Es wird gezeigt, daß die sogenannte „Handempfindlichkeit" schwingungsfähiger Schaltungen für Alarmzwecke ausgenutzt werden kann. Auf eine kurze Besprechung grundsätzlicher Schaltungsmöglichkeiten folgt die Beschreibung eines Modellgerätes. Den Beschluß bilden Angaben über die „Antenne" sowie deren Ausgestaltung und die erste Einstellung.

Transatlantische Langwellen-Sprechverbindungen.

621. 396. 812 : 621. 396. 25

Beobachtungen transatlantischer Langwellenübertragungen bei einer Frequenz von etwa 60 kHz zwischen England und Amerika (Rocky Point N. Y. and Houlton Maine) werden mitgeteilt[1]); sie wurden von der American Telephone and Telegraph Company und dem General Post Office of Great Britain während der Jahre 1923 bis 1933 gesammelt. Die Langwellenfeldstärke zeigt Beziehungen zum elfjährigen Zyklus der erdmagnetischen Tätigkeit, der Sonnenfleckenzahl und der Korpuskular- und Ultravioletts trahlung. Am deutlichsten ist der jahreszeitliche und monatliche Gang der Tagesfeldstärke mit der erdmagnetischen Tätigkeit. Die Beobachtung von 25 magnetischen Stürmen von je 4 bis 5 Tagen Dauer in den Jahren 1930 bis 1933 zeigt mit dem Eintreten eines Sturmes eine Zunahme der Tagesfeldstärke bzw. eine Abnahme der Nachtfeldstärke mit einer zeitlichen Verzögerung von etwa 5 Tagen. Meteorologische Einflüsse auf die Langwellenfeldstärke sind infolge der großen Ausbreitungswege schlecht zu übersehen. Ein Absinken der Feldstärke wird bei heftigem Regen, steigender Temperatur und fallendem Barometer an der Empfangsstelle festgestellt. Ist das Sturmzentrum abgezogen und folgt klares und kaltes Wetter, so steigt die Feldstärke. Nach der herrschenden Ansicht sind die letzten Ursachen der örtlichen Wetterstörungen und damit auch dieser Übertragungsstörungen Vorgänge in der hohen Atmosphäre[1]). *Gkf.*

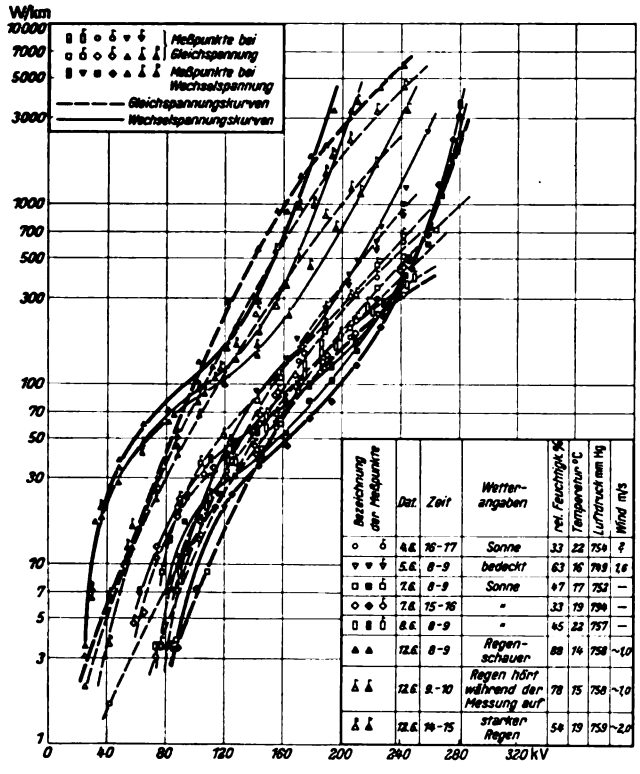
[1]) A. Bailey and H. M. Thomson, Bell Syst. techn. J. 14 (1935) S. 680. — Vgl. a. S. 980 dieses Heftes.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 315 : 537. 523. 3 - 3 **Vergleichende Untersuchungen über Gleich- und Wechselspannungskorona an Doppelleitungen.** — Die Arbeit hatte den Zweck, Vergleichsmessungen zwischen Wechselspannungs- und Gleichspannungskorona an derselben Leitung unter jeweils gleichen Witterungsbedingungen vorzunehmen. Die



Leiterdurchmesser $d = 12$ mm Leiterabstand $s = 2{,}4$ m $s/d = 200$

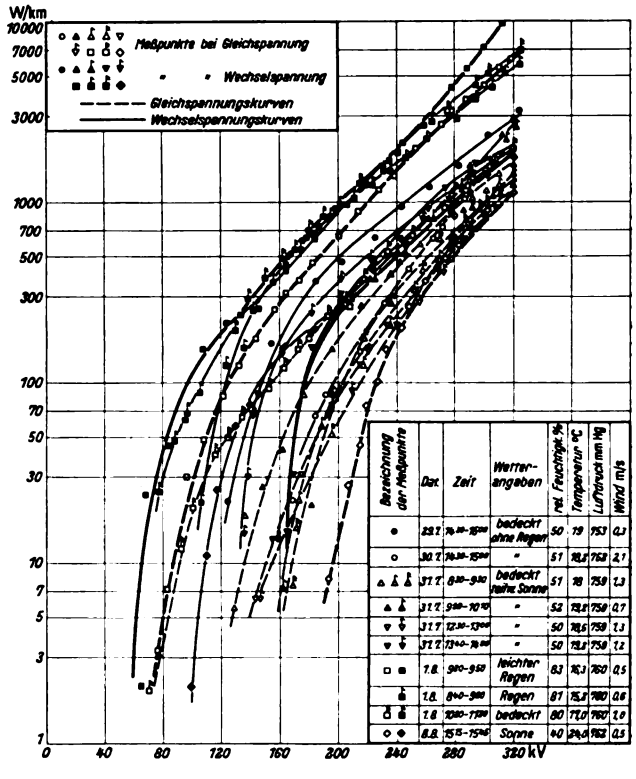
Abb. 1. Gleich- und Wechselspannungskorona der Doppelleitung.

Ermittlung des Koronaverlustes erfolgte bei Gleichspannung durch Strom-Spannungsmessung, bei Wechselspannung wattmetrisch. Untersucht wurden Doppelleitungen mit Leiterdurchmessern von 1, 3, 5, 8, 12 und 25 mm. In Abb. 1 sind die an einer Leitung von 12 mm Drahtdurchmesser, in Abb. 2 die an der 25 mm-Hohlseilleitung aufgenommenen Koronakennlinien wiedergegeben. Aufgetragen ist in beiden Bildern abhängig von der an die Doppelleitung angelegten Spannung in kV (Scheitelwert) die Koronaverlustleistung in W/km in logarithmischem Maßstab. Dieser Maßstab wurde gewählt, um gerade den unteren Teil der Koronakennlinie, der für den praktischen Betrieb der Leitung von ausschlaggebender Bedeutung ist, deutlich darstellen zu können. In den Bildern sind Kennlinien bei den verschiedensten Witterungsverhältnissen aufgetragen. Damit die Darstellung übersichtlicher wird, sind die aufgenommenen Grenzkurven für sonniges Wetter und für schauerartigen Regen stärker ausgezogen.

Insbesondere Abb. 1 zeigt[1]), daß die Koronakennlinie in zwei Gebiete zerfällt: zunächst beginnen bei einer Spannung, die je nach Leiterdurchmesser $^1/_3$ bis $^1/_{10}$ der Anfangsfeldstärke des glatten Leiters beträgt, einzelne verletzte Stellen am Leitungsdraht zu sprühen; bei einer Feldstärke, die bei gutem Wetter etwa 60 bis 70 % der Anfangsfeldstärke des glatten Leiters erreicht, setzt dann die eigentliche Koronaentladung längs des ganzen Drahtes ein. Innerhalb eines jeden dieser beiden Gebiete ist zunächst der Koronaverlust bei Gleichspannung höher als bei Wechselspannung[2]). Im weiteren Verlauf aber nimmt der Verlust bei Wechselspannung sehr viel rascher zu und überwiegt erheblich denjenigen bei Gleichspannung. Größerer Leiterabstand bei gleichem Leiterdurchmesser und größerer Leiterdurchmesser bei demselben Leiterabstand setzen sowohl Gleich- als auch Wechselspannungskorona herab. Von der mechanischen Oberflächenbeschaffenheit wird der Koronaverlust bei beiden Spannungsarten in starkem Maße, vom Leitermetall dagegen nicht abhängig gefunden.

Durch die Witterung werden bei der Wechselspannungskorona beide Gebiete, bei der Gleichspannungskorona dagegen nur das zweite Gebiet stark, das erste aber nur schwach beeinflußt. Bei Regen kann der Koronaverlust im zweiten Ast bis zum Zehnfachen desjenigen bei sonnigem Wetter ausmachen.

Für Planung und Betrieb von Leitungen ist der Vergleich der Koronaverluste bei Gleich- und Wechselspannung bei betriebsmäßiger Spannung an der Leitung entscheidend: nun liegt der Betriebspunkt etwa zu Beginn des zweiten Koronaastes um den Punkt herum, in dem sich Gleich- und Wechselspannungskorona-Kennlinie überschneiden. Daher erhält man auch je nach Leiterdurchmesser einmal für Wechselspannung, einmal für Gleichspannung



Drahtdurchmesser $d = 25$ mm Drahtabstand $s = 3{,}75$ m $s/d = 150$

Abb. 2. Gleich- und Wechselspannungskorona der Doppelleitung.

höhere Verlustwerte. Dies sei noch an den Leitungen von 12 und 25 mm Drahtdurchmesser näher ausgeführt, deren Betriebsspannungen $U_B = 141$ bzw. 283 kV (Scheitelw.) sind. Bezeichnet man mit V_w bzw. V_g den Verlust bei Wechsel- bzw. bei Gleichspannung und mit $U_g (V_w = V_g)$ denjenigen Gleichspannungswert, der denselben Koronaverlust aufweist wie die Wechselspannungskorona bei der Betriebsspannung U_B, und mit ΔU_g die prozentuale Spannungs-

[1]) Bei Abb. 2 reichte die Spannungsquelle nicht aus, um bis zu entsprechend hohen Verlustwerten zu messen. Jedoch sind die beschriebenen beiden Gebiete bei sämtlichen Messungen an Leitern niederen Durchmessers zu erkennen.

[2]) Ein ähnliches Überschneiden der Kennlinien bei Gleich- und Wechselspannung haben an der einfachen Leitung gegen Erde auch Erw. Marx u. H. Göschel, ETZ 54 (1933) S. 1112, gefunden.

Digitized by Google

änderung $100\,\frac{U_B - U_g\,(V_w = V_g)}{U_B}$, so ergibt sich für die beiden Leitungsdurchmesser die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Leitungsdurchmesser mm	U_B in kV (Scheitelwert)	Wetter	V_w in W/km für U_B	V_g in W/km für U_B	$U_g(V_w = V_g)$ in kV (Scheitelw.)	ΔU_g in %
12	141	Sonne	35	35	141	± 0
		Regen	300	510	125	−11,4
25	283	Sonne	1050	540	315	+11,3
		Regen	4800	3400	303	+ 7,1

Der Wert ΔU_g besagt somit, um wieviel vom Hundert, bezogen auf den Wechselspannungsbetriebswert in kV, man die Gleichspannung ändern muß, um auf der gleichstromgespeisten Leitung denselben Koronaverlust zu erhalten wie auf der wechselstromgespeisten. Während bei der Leitung mit 12 mm Drahtdurchmesser bei sonnigem Wetter der Koronaverlust bei Gleich- und Wechselspannung gleich ist und bei Regen Gleichspannung höhere Koronaverluste ergibt, ist bei der Leitung mit 25 mm Durchmesser bei beiden Witterungsverhältnissen der Koronaverlust bei Gleichspannung niedriger als bei Wechselspannung.

Dabei gelten aber diese Angaben bisher nur für Gleichspannung ohne Welligkeit. Versuche mit welliger Gleichspannung haben gezeigt, daß der Koronaverlust, bezogen auf gleichen Spannungshöchstwert, mit zunehmender Welligkeit abnimmt, jedoch erheblich ansteigt, wenn man ihn auf den arithmetischen Mittelwert der Gleichspannung bezieht. Tatsächlich wird man im praktischen Betrieb stets mit einer gewissen Welligkeit rechnen müssen. So wird z. B. bei der 25 mm-Hohlseilleitung ΔU_g von + 10 % auf etwa + 7 % schon bei einer Welligkeit von 10 % herabgedrückt; bei einer Welligkeit von 20 % wird ΔU_g sogar nur noch + 4 % betragen, wenn man die Gleichspannungskorona auf den Gleichspannungsmittelwert bezieht, d. h. also auf den Spannungswert, der der gleichen von der Leitung übertragenen Leistung entspricht. Zusammenfassend kann man nach den vorliegenden Versuchen sagen, daß mit Gleichspannung betriebene Leitungen nicht mit höheren Spannungen betrieben werden können, als dem Spannungshöchstwert der mit Wechselspannung gespeisten Leitung entspricht. [R. Strigel, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 15 (1936) H. 1, S. 68.] *Sb.*

621. 316. 57. 064. 25 : 614. 83. (494) **Ölschalterexplosion im Elektrizitätswerk Winterthur.** — Daß der von der deutschen elektrotechnischen Industrie und Verbraucherschaft beschrittene Weg, brennbare Isoliermittel in Schaltanlagen durch die Wahl explosions- und brandsicherer Schaltgeräte, Wandler und Endverschlüsse möglichst zu vermeiden, richtig war, bestätigt ein Bericht von H. Howald. Man findet dort Angaben über eine Ölschalterexplosion im EW. Winterthur und über die aus der Störung gezogenen Schlußfolgerungen.

Danach entstand anläßlich einer Reihe von Erdschlußversuchen, vermutlich infolge Überspannung, an einem 3 kV-Trennschalter ein Überschlag mit nachfolgendem Stehlichtbogen, wodurch der Trennschalter zerstört und die Zelle beschädigt wurde. Der dabei auftretende hohe Kurzschlußstrom führte zu einer Kontaktabhebung im zugehörigen Ölschalter. Damit verbunden zerstörte ein Lichtbogen unter Öl nicht nur den Schalter selbst, sondern auch noch den gesamten Zelleneinbau völlig. Die aus dem Schalter fliegende Ölmenge brannte sofort und verqualmte alle drei Stockwerke der Anlage. Durch den Rußniederschlag entstanden an einem gegenüber der Störungsstelle liegenden Sammelschienensystem Kurzschlüsse und Isolatorenzerstörungen, so daß der gesamte Betrieb unterbrochen wurde. Der Versuch, einen Teilbetrieb durchzuführen, mußte wegen neuer Überschläge infolge Verrußung wieder aufgegeben werden und es konnte erst nach richtiger Vornahme der Reinigungsarbeiten ein vorläufiger Betrieb durchgeführt werden. Die vollständige Überholung der Anlage nahm längere Zeit in Anspruch, bis zur Aufnahme des vollen Betriebes vergingen vier Tage.

Der Verfasser zieht den Schluß, daß in Schaltanlagen mit Ölschaltern, ganz besonders aber in solchen mit Schaltern älterer Ausführung, die Gewähr vorhanden sein muß, daß die Schalter unter allen Umständen den am Einbauort auftretenden möglichen Beanspruchungen gewachsen sind, und daß auch Schalter ohne selbsttätige Auslösung eine Gefahrenquelle bilden können. Eine weitere Voraussetzung für die Verwendung von Ölschaltern überhaupt ist deren sachgemäßer Einbau. Hierunter wird auf jeden Fall eine vollständige räumliche Trennung der Ölschalter von den übrigen Anlagenteilen verstanden und weiter eine besonders sorgfältige Durchbildung der Ölabflußmöglichkeiten vorausgesetzt. Ferner wird in größeren Anlagen eine Unterteilung der Gesamtanlage in einzelne Gruppen mit jeweiliger Entlüftungsmöglichkeit derselben ins Freie empfohlen. Vor einer Wiederinbetriebsetzung von Anlagen mit verrußten Isolatoren wird gewarnt und selbst auf die Gefahr einer länger dauernden Betriebsunterbrechung eine vollkommene Reinigung vom Ölruß für notwendig erachtet, da sonst immer wieder mit Isolatorenüberschlägen zu rechnen ist. Für Neuanlagen, besonders solche mit beschränkten Raumverhältnissen, wird die öllose Bauweise empfohlen.

Die geschilderten Erfahrungen und Schlußfolgerungen decken sich genau mit den in deutschen Betrieben gemachten. Wenn es sich im vorliegenden Falle auch um eine ältere Schaltanlagenbauweise und Schalter handelt, so ist doch immer zu bedenken, daß nicht nur elektrische, sondern auch rein mechanische Störungen am Schalterantrieb oder im Schalterinnern die gleichen Folgen zeitigen können. [W. Howald, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 121.] *Sir.*

Leitungen.

621. 315. 052. 2 : 621. 3. 025. 3 **Drehstromkraftübertragung „Zweileiter—Erde" in der UdSSR.** — Um die Verteilungsnetze für die Stromversorgung der Landwirtschaft möglichst billig herstellen zu können, verwendet man mit Erfolg die vereinfachte Kraftübertragung „Zweileiter—Erde" nach Abb. 3. Die erste Kraftübertragung dieser Art wurde bereits im Jahre 1931 in der Nähe von Leningrad (35 kV-Anlage) und die zweite in der Nähe von Moskau (30 kV-Anlage) im Jahre 1932 in Betrieb genommen. Zur Zeit beträgt die Gesamtlänge solcher Kraftübertragungen schon 430 km, davon 170 km mit einer Spannung von 22 kV und 260 km mit einer Spannung von 3 kV. Die Erdung erfolgt gewöhnlich durch Rohre von 25 bis 50 mm Dmr. in Abständen von 2 bis 6 m. Bei größeren Stromstärken wird der Widerstand des Erdreichs zwischen den Erdern durch „Einsalzen" herabgesetzt. Das geschieht gewöhnlich dadurch, daß die Rohre mit Öffnungen versehen und mit Kochsalz gefüllt werden. Auf Grund der Erfahrungen, die mit solchen Anlagen gemacht worden sind, werden die Kraftübertragungen so berechnet, daß der Spannungsabfall in der dritten Phase 150 V nicht übersteigt.

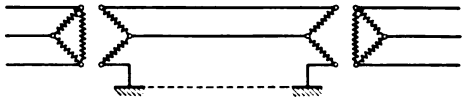


Abb. 3. Kraftübertragung „Zweileiter—Erde".

Da der ohmsche Widerstand der dritten Phase von dem Widerstand der beiden anderen Phasen sich unterscheidet, insbesondere aber infolge der Induktivitätsunsymmetrie solcher Anlagen, entsteht auch eine Unsymmetrie der Ströme. Ist der Blindwiderstand des gegenläufigen Feldes dem Blindwiderstand des mitläufigen Feldes gleich (wie bei Lichtbelastung), so sind die Unsymmetrie-Koeffizienten von Strom und Spannung einander gleich, und dann ist das System „Zweileiter—Erde" praktisch genommen symmetrisch. Besteht aber die Belastung aus Asynchronmotoren, deren Blindwiderstand des gegenläufigen Feldes 10- bis 15mal kleiner ist als die Blindwiderstände des mitläufigen Feldes, so wird die Spannungsunsymmetrie viel kleiner und die Stromunsymmetrie viel größer, aber ohne daß dabei die zulässigen Werte überschritten werden.

Um die Überspannungen abzuschwächen, die infolge elektrostatischer Induktion an Transformatoren solcher Anlagen bei Abschaltungen des Niederspannungsnetzes auftreten, wird der Nullpunkt oder eine Phase der Niederspannungswicklung des Transformators geerdet.

Digitized by Google

Was die Beeinflussung der Fernsprechleitungen durch die Kraftübertragungen „Zweileiter—Erde" anbetrifft, so muß, im Gegensatz zu Dreileiteranlagen, sowohl die Einwirkung der elektrostatischen als auch der elektromagnetischen Induktion berücksichigt werden.

Die entsprechenden Berechnungen können in gleicher Weise wie bei Dreileiteranlagen erfolgen, aber die Werte der induzierten Spannungen müssen um rd. 20 % vergrößert werden. [Elektrifikazia selskogo hosjaistwa (1936) H. 5 u. 6.] *Th. S.*

Verkehrstechnik.

621. 314. 651. 2 : 625. 4 (42) **Die Eisengleichrichter-Anlagen der Untergrundbahn in London.** — Die London Passenger Transport Board hat im Laufe der letzten vier Jahre 15 Gleichrichterwerke mit einer Gesamtleistung von 58 000 kW errichtet. Die Gleichrichterwerke, die zusammen mit umlaufenden Umformern (installierte Leistung 137 000 kW) die Untergrundbahn in London (Spitzenbelastung etwa 115 000 kW) mit Gleichstrom von 630 V speisen, erhalten Drehstrom (11 kV) zum größten Teil aus eigenen Kraftwerken mit 33⅓ Hz und zum kleinsten Teil aus fremden Netzen mit 50 Hz.

Die Werke, die sämtlich in eingeschossiger Bauweise ausgeführt und sehr reichlich bemessen sind, werden mittels einer Vielfrahtfernsteuerung bedienungslos betrieben. Durchweg sind Eisengleichrichter (ohne Gittersteuerung) in sechsphasiger Schaltung (Gefäße mit 12 Anoden) von je 1500 bzw. 2000 kW eingebaut; jedes Werk erhält im Endausbau drei Gleichrichtersätze (2 Betrieb, 1 Reserve). Die Gleichrichtertransformatoren sind als luftgekühlte Trockentransformatoren ausgeführt und unmittelbar neben den versenkt eingebauten Gleichrichtergefäßen angeordnet. Die Gleichrichter arbeiten mit Umlaufwasserkühlung; ihre Rückkühler haben thermostatisch gesteuerte Lüfter und sind gegen Luftzutritt vollständig abgeschlossen, um ein Verschmutzen der Gefäße und Korrosionsschäden zu vermeiden. Die Anoden bestehen durchweg aus Graphit und sind teils luft-, teils wassergekühlt. Gezündet werden die Gleichrichter teils mit Wechselstrom, teils mit Gleichstrom.

Die Schaltanlagen bieten nichts Bemerkenswertes. Ein Teil der Gleichrichterwerke hat auf der Gleichstromseite Glättungseinrichtungen mit 4 bzw. 5 Resonanzkreisen je nach Speisung mit Drehstrom von 50 bzw. 33⅓ Hz. Man will alle übrigen Werke ebenfalls mit Glättungseinrichtungen versehen; ein Grund hierfür ist nicht vorhanden, da auch ohne diese Maßnahmen, wie eingehende Versuche gezeigt haben, Fernsprech- und Rundfunkstörungen nicht auftreten.

Die Gleichrichteranlagen, die im elektrischen Teil (ohne Gebäude) um 10 bis 12 % teuerer sind als entsprechende Umformeranlagen, haben sich im Betriebe gut bewährt. Die sehr hoch gewählte Überlastbarkeit der Gleichrichter — 50 % für eine Stunde und 200 % kurzzeitig — hat sich als völlig ausreichend erwiesen. Die Jahreswirkungsgrade sind bei Speisung mit Drehstrom von 33⅓ Hz etwa gleich den Werten der Umformer, bei Speisung mit Drehstrom von 50 Hz etwas besser. Die Leistungsfaktoren betragen 0,93 bis 0,94. Die Gleichrichter üben keine Rückwirkung auf das speisende Drehstromnetz aus, d. h. seine Spannungskurve wird praktisch nicht verzerrt, weil die Gleichrichterlast klein ist im Vergleich zur Gesamtbelastung der Kraftwerke (etwa 10 bis 15 %). Außerdem sind die Gleichrichtertransformatoren etwa je zur Hälfte primär in Stern und Dreieck geschaltet; die primären Stromoberwellen werden dadurch wesentlich verringert. Eine zwölfphasige Transformatorschaltung hat man abgelehnt, weil ihre Vorteile die höheren Kosten und die Komplizierung der Transformatoren nicht rechtfertigen. Bei den Reservegleichrichtern sind die Vakuummeßeinrichtungen dauernd eingeschaltet, um die Zeit der Inbetriebnahme zu verkürzen. Zahlreiche Gleichrichter werden in ihrer Reservezeit elektrisch vorgewärmt, um die Last im Bedarfsfalle sofort übernehmen zu können; bei den nicht heizbaren Gleichrichtern soll eine sofortige Belastbarkeit durch eine zweckmäßige Ausbildung der Anodenrohre gewährleistet sein.

Rückzündungen, die gelegentlich aufgetreten sind, haben keine Schäden an den Gleichrichtern und Transformatoren hervorgerufen, aber die Notwendigkeit erwiesen, auf der Drehstromseite besonders leistungsfähige Ölschalter zu verwenden. Für die Anoden haben sich Quecksilberdichtungen und Einschmelzdichtungen gleich gut bewährt; die ersteren halten zwar etwas weniger gut dicht, bieten aber den Vorteil, eine undichte Stelle schnell aufzufinden. Von den insgesamt aufgetretenen Störungen während eines Betriebsjahres sind auf die Steuergeräte 50 %, auf die Kühleinrichtungen, die Vakuumpumpen und die Gleichrichter je 12,5 % und auf rotierende Hilfseinrichtungen und ungeklärte Fälle je 6,25 % zurückzuführen. Von den Fehlern an den Gleichrichtern selbst entfallen die meisten auf die Zündeinrichtungen. Die Gleichrichter sind nur selten nach größeren Störungen oder zur gründlichen Überholung für längere Zeit geöffnet worden; das hiernach erforderliche Ausheizen eines Gefäßes dauert über 100 h und erfordert etwa 5000 kWh. Die Unterhaltungs- und Instandsetzungskosten sind für die Steuergeräte, Vakuum- und Kühleinrichtungen anteilig sehr hoch, dagegen für die Gleichrichter sehr niedrig. Die gesamten Unterhaltungskosten sind wahrscheinlich niedriger als die für Umformeranlagen; ein einwandfreier Vergleich ist erst nach längerer Betriebszeit möglich. [A. L. Lunn, J. Instn. electr. Engr. 78 (1936) S. 123.] *E. Schu.*

621. 335. 4. 033. 91 **Russische Oberleitungsomnibusse.** — Ende 1933 wurden in Moskau auf einer 7,5 km langen Strecke versuchsweise zwei in Rußland erbaute Oberleitungsomnibusse in Betrieb genommen. Die günstigen Ergebnisse führten dazu, daß in dem darauf folgenden Jahre die Strecke verlängert und die Anzahl der Fahrzeuge auf etwa 30 erhöht wurde. Es handelt sich um zweiachsige Eindeckwagen mit 9020 mm Gesamtlänge und 4500 mm Achsstand, die 8,7 t wiegen und 37 Personen Sitzplätze bieten. Die Wagen zeichnen sich durch leichtes und schnelles Anfahren aus: die mittlere Beschleunigung beträgt 0,9 m/s². Die Höchstgeschwindigkeit ist 45 km/h. Der Antrieb des Wagens erfolgt nur durch einen Motor, der als Verbundmotor ausgeführt ist. Seine Stundenleistung beträgt 60 kW bei 550 V Fahrdrahtspannung. Er ist eigenlüftend, vierpolig und mit Wendepolen versehen. Seine Stromwendung bei 100 % Überlast wird als befriedigend bezeichnet. Er ist für den Betrieb reichlich, denn selbst nach mehreren Fahrten ist eine Erwärmung kaum wahrzunehmen. Sein Gewicht ist infolge der hohen Drehzahl, für die er gebaut ist — die Höchstdrehzahl wird mit 3140 U/min angegeben —, und infolge reichlicher Verwendung von Leichtmetallen nur 590 kg. Die Zahnradübersetzung beträgt 1 : 10,9.

Die Stromzufuhr erfolgt in üblicher Weise über zwei Stromabnehmerstangen. Der elektromagnetisch betätigte Hauptschalter mit Funkenlöschkammer ist mit einem Überstromrelais versehen und arbeitet gleichzeitig als Überstromschalter. Die Schütze werden ebenfalls elektromagnetisch betätigt, der Steuerstrom dem Netz entnommen. Die Steuerung arbeitet nicht selbsttätig; die Schaltwalze wird mit Hilfe eines Fußhebels bedient. Zwischen der Schaltwalze und dem Fahrtwender mit den Stellungen „vorwärts", „halt" und „rückwärts" ist eine Abhängigkeit geschaffen, so daß der Fahrtwender nur in der Nullstellung der Schaltwalze und die Schaltwalze nicht in der Stellung „halt" des Fahrtwenders betätigt werden kann. Geregelt wird sowohl im Hauptstrom- als auch im Nebenschlußkreis. Auf der letzten Fahrstufe wird der Nebenschlußkreis vollständig abgeschaltet. Es ist Nutzbremsung vorgesehen, die zufriedenstellend arbeiten soll.

Für die Signale und Notbeleuchtung ist eine kleine 6 V-Batterie vorgesehen, die auch zur Speisung der Heizkörper im Wagen herangezogen wird. Das Aufladen der Batterie erfolgt durch eine 65 bis 70 W-Lademaschine mit dritter Bürste (System Ford), die auf dem Fahrmotor aufgebaut und durch Riementrieb von seiner Welle angetrieben wird. Als Schutz dient ein Rückstromrelais.

Der Wagen ist mit Rundfunkstörschutz in Form von Drosseln ausgerüstet. Ein Überspannungsrelais soll die Lampen vor dem Durchbrennen schützen, indem in den Lampenkreis Vorwiderstände eingeschaltet werden.

Versuchsweise ist ein einstöckiger Dreiachser von 10 t Gesamtgewicht und 75 Personen Fassungsvermögen mit derselben elektrischen Ausrüstung und einer Übersetzung von 1 : 13,6 (Höchstgeschwindigkeit 37 km/h) gebaut worden.

Digitized by Google

Zum Schluß weist der Verfasser darauf hin, daß bei weiteren Ausführungen noch Verbesserungen an der Isolation (Berührungsschutz) angebracht und die Einführung der selbsttätigen Steuerung erwünscht seien. [W. N. Konowaloff, Elektritschestwo 56 (1935) H. 6.] *Wh.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

621. 34 : 625. 92 **Die Personen-Drahtseilbahn am Tafelberge bei Kapstadt.** — Die im Jahre 1929 errichtete Personen-Drahtseilbahn auf den Tafelberg bei Kapstadt — die einzige derartige Bahn Afrikas — ist insofern bemerkenswert, als sie bei einer Spannweite von 1320 m und einer senkrechten Hubhöhe von 768 m ohne jede Zwischenstütze ausgeführt ist. Die Bahn arbeitet nach dem Pendelsystem, d. h. auf zwei Laufseilen von 45 mm Dmr. läuft je ein Wagen, beide Wagen sind durch das Hauptförderseil verbunden, das über die in der oberen Station angeordnete Antriebsvorrichtung geführt ist. Außerdem ist ein Unterseil vorhanden, welches über die untere Station geleitet ist und dem Ausgleich des Förderseilgewich-

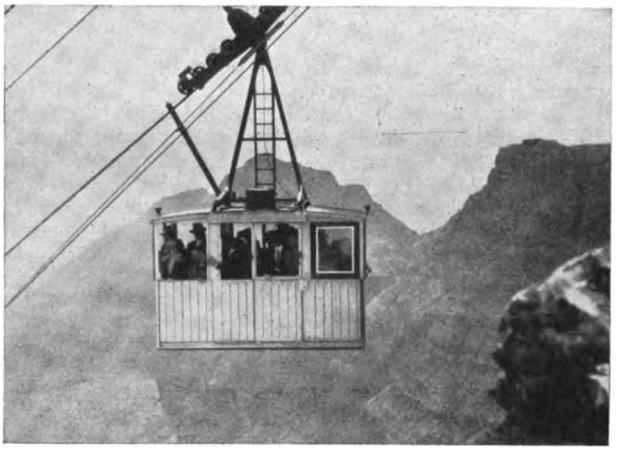


Abb. 4. Wagen für 20 Fahrgäste.

tes dient. Ein Hilfsförderseil gestattet in Notfällen die Bewegung der Wagen unabhängig vom Hauptseil oder dient der Heranführung eines Rettungswagens. Das Hauptförderseil ist, um den Anschluß von Signaleinrichtungen zu ermöglichen, gegen Erde isoliert. Die Wagen sind für je 20 Personen Tragkraft eingerichtet; sie hängen an Drehgestellen, die mit acht Rollen auf dem Tragseil laufen (Abb. 4). Sie sind ferner mit Stoßdämpfern und mit Fangvorrichtungen ausgerüstet, welche bei Bruch eines Förderseiles Festklemmen an den Tragseilen bewirken. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt etwa 4,5 m/s, eine Fahrt dauert 5 bis 7 min. Der Antriebsstation am oberen Ende der Bahn wird Drehstrom 11 kV, 50 Hz zugeführt, welcher nach Abspannung auf 380 V den Antriebsmotor eines Leonard-Umformersatzes speist. Letzterer enthält den Steuergenerator, der den Strom für den eigentlichen Windenmotor liefert, und die Erregermaschine. Die Kupplung zwischen Umformermotor und Steuergenerator ist als Riemenscheibe ausgebildet, so daß die beiden Generatoren beim Ausbleiben des Drehstromes auch von einem Reservebenzinmotor angetrieben werden können. Zur Regelung der Drehzahl des Windenmotors sowie zur Bestimmung seiner Drehrichtung dient ein handbetätigter vielstufiger Walzenschalter im Erregerkreis des Steuergenerators. Entsprechend der Wirkungsweise der Leonard-Schaltung ist die eingestellte Drehzahl praktisch unabhängig von der Belastung. Die Winde kann bei Ausfall des Umformersatzes auch durch einen Drehstrommotor angetrieben werden, der unmittelbar vom Netz gespeist wird. Die Geschwindigkeit beträgt hierbei nur etwa ein Drittel der normalen. Die Winde ist mit hand- und elektrisch betätigten Bremsen versehen. Letztere werden durch Magnete gelüftet, die zugleich mit dem Haupt- und Hilfsantriebsmotor ein- oder ausgeschaltet werden. Die Bremsen treten unabhängig vom Willen des Führers in Tätigkeit bei Überdrehzahl des Umformers oder des Windenmotors, bei Überlastung der Motoren, bei Ausbleiben des Stromes, bei zu großer Anfahrbeschleunigung, bei Überfahren der Endstellungen und bei Betätigung von Notdruckknöpfen im Führerstand oder im Wagen. — Die Bahn, die von Bleichert & Co. erbaut und deren elektrischer Teil von den Siemens-Schuckertwerken geliefert wurde, hat sich in dem nunmehr fast siebenjährigen Betrieb vollauf bewährt. [O. H. Hahn, Siemens-Z. 16 (1936) S. 48.] *Vb.*

Fernmeldetechnik.

621. 396. 812 : 621. 396. 25 **Langwellen-Ausbreitungserscheinungen in Abhängigkeit vom Aufhören der Sonnenstrahlung.** — Mit Einführung des Kurzwellenbetriebes hat der Umfang des drahtlosen Verkehrs nach Übersee sehr stark zugenommen. Im Hinblick auf höchste Betriebssicherheit müssen sich die Kurz- und Langwellenverbindungen ergänzen, und es ist daher wichtig, vorauszubestimmen, wann schlechte Empfangsverhältnisse infolge zu geringer Feldstärke bei den Langwellenverbindungen zu erwarten sind. Die Abnahme der Feldstärke bei Langwellenverbindungen nahe Sonnenuntergang ist eine bekannte Erscheinung, und die Verfasser haben eine große Zahl planmäßiger Beobachtungen im Bereich von 18 bis 68 kHz angestellt, um eine Gesetzmäßigkeit zwischen Sonnenstand und Zeitpunkt des Eintrittes der kleinsten Feldstärken zu finden. Außer diesen für den Betrieb wichtigen Ergebnissen liefern aber die Versuche gleichzeitig Angaben über die Art und Weise der Ausbreitung selbst, und es zeigt sich, daß diese in vielen Fällen die gleiche ist wie bei Kurzwellen; d. h. bei langen Übertragungswegen kommt es auch bei den Langwellenverbindungen hauptsächlich auf den Empfang der von höheren Schichten zurückgeworfenen Wellen an.

Bei den Versuchen[1]) wurden einmal besondere Prüfstriche bei 60 kHz von Rocky Point (New York) gesandt und in Chatham (122 km), Houlton (700 km) und Cupar, Schottland, (5172 km) gemessen, ferner wurden in Houlton die Telegraphiesender Tuckerton, Nauen, Ongar und Rocky Point bei normalem Betrieb empfangen und ihre Feldstärken bestimmt. Die Messung der Feldstärke wird mit einem geeichten Hilfssender ausgeführt und bei gewöhnlichen Telegraphiesendern der Vergleich mit Hilfe eines Kathodenoszillographen vorgenommen. Die Messungen normaler Telegraphiesender sind jedoch verhältnismäßig sehr ungenau, da die Stärke der Zeichen von der Telegraphiergeschwindigkeit abhängig ist. Diese Tatsache ist wahrscheinlich auf die verwendeten Antennen zurückzuführen, verfälscht aber dadurch natürlich den gesuchten Verlauf der täglichen Schwankung der Feldstärke etwas. Trägt man die Ergebnisse der Langwellen-Feldstärkemessungen über dem Sonnenstand auf, so zeigen alle Kurven außer denjenigen für geringe Entfernungen ein ausgesprochenes Minimum nahe Sonnenuntergang, wenn man den Sonnenstand auf irgendeinen Punkt des Übertragungsweges längs des Großkreises bezieht. Das Fehlen des Minimums bei geringer Entfernung (122 km) kann durch die Annahme geklärt werden, daß die durch die Sonne ionisierten Schichten nicht getroffen werden. Bei Wegen über 700 km kann man das Auftreten des Minimums nahe Sonnenuntergang auf verschiedene Weisen erklären, doch setzen alle das Vorhandensein zurückgeworfener Strahlen voraus. Der Zeitabschnitt zwischen Sonnenuntergang an irgendeinem Punkt des Übertragungsweges und dem Erscheinen der kleinsten Feldstärke am Empfangsort zeigt jährliche und scheinbar zufällige tägliche Schwankungen. Er wächst ferner mit der Länge der verwendeten Welle und mit der Länge des Übertragungsweges. Das Minimum läßt sich nicht genau durch den Stand der Sonne an einem bestimmten Punkt der Bahn angeben. Der Feldstärkeabfall nahe Sonnenuntergang wird mit Kleinerwerden des Übertragungsweges und der Sendefrequenz geringer. Es besteht die Möglichkeit, daß sich das Auftreten eines Minimums als Folge von Interferenzen erklären läßt. Bei Übersee-Langwellenverbindungen erscheint das Feldstärkenminimum während der Frühlings- und Sommermonate etwa, wenn die Sonne, nach $^1/_6$ des Übertragungsweges von Osten gerechnet, 6° unter den Horizont gesunken ist, doch lassen es die Versuchswerte noch nicht zu, dieses Ergebnis als allgemeingültig anzusprechen. Genaue Angaben über den Zeitpunkt des Eintretens des Empfangsminimums lassen sich nur an Hand von Feldstärkemessungen für die jeweilige Verbindung machen. [Austin Bailey, A. E. Happer, Bell Syst. techn. J. 15 (1936) S. 1.] *Hze.*

[1]) Vgl. a. S. 976 dieses Heftes.

Digitized by Google

621. 395. 613. 32 : 621. 395. 623. 41 **Über moderne Mikrophone und Telephone.** — Ausgehend von dem hohen technischen Stand der heutigen Fernsprechleitungen, der wegen der Eigenschaften der heute allgemein in Benutzung befindlichen Mikrophone und Telephone nicht zur Auswirkung kommen kann, werden zunächst Forderungen für das Entwicklungsziel für neuzeitliche Mikrophone und Telephone hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit, ihres Übertragungsbereichs und ihrer nichtlinearen Verzerrungen aufgestellt. Im folgenden wird dann getrennt nach Mikrophon und Telephon gezeigt, mit welchen Mitteln und wie weit man dieser Forderung gerecht geworden ist. Bei Mikrophonen wurde durch eine zweckmäßige Aneinanderreihung akustischer Resonatoren in Zusammenwirkung mit der mechanischen Membranresonanz ein bis etwa 3500 Hz ausgeglichener Frequenzgang erzielt. Durch richtige Bemesung der Kohlenkammer wurden die nichtlinearen Verzerrungen in mäßigen Grenzen gehalten. Außerdem wurde ein Handapparat und eine Einsprache entwickelt, die die Raumgeräusche, die die Verständlichkeit herabsetzen, möglichst vom Mikrophon fernhält. Das Telephon wurde ebenfalls in seinem Übertragungsbereich gegenüber dem bisherigen durch Verwendung einer nur mit einem kleinen Eisenanker versehenen Leichtmembran wesentlich verbreitert. Die Membranresonanz wurde durch eine Luftreibungsanordnung stark gedämpft. Die magnetische Kraft auf die Membran wurde durch Entwicklung eines konzentrischen Systems, bei dem die Magnete im Nebenschluß liegen, etwa auf das Vierfache gegenüber dem üblichen zweipoligen System erhöht, so daß das neue Telephon trotz des wesentlich verbreiterten Übertragungsbereichs die gleiche Lautstärke hat wie die bisherigen. Am Schluß wird in einer Tafel gezeigt, wie groß der Gewinn an Verständlichkeit bei Verwendung der neuen Mikrophone und Telephone ist. In ruhigen Räumen wurde eine Logatomverständlichkeit von 70 % gegenüber 57 % gemessen, bei einem Bürolärm von 40 Phon beim Sprecher und Hörer von 57 % gegenüber 41 %. [Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936) S. 75.] *Pzb.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

551. 594. 21 : 699. 8 **Über die Schutzwirkung von Fernblitzableitern und die Blitzschlaghäufigkeit in einigen Großstädten.** — Fernblitzableiter hat Prof. B. Walter, Hamburg, schon vor mehreren Jahren vorgeschlagen, z. T. auf Grund von Laboratoriumsversuchen im Physikalischen Staatsinstitut, z. T. auf Grund statistischer Erhebungen der Hamburger Feuerkasse[1]). Verschiedene öffentlich-rechtliche Versicherungsanstalten (Badische Gebäudebrandversicherungsanstalt, Bayerische Brandversicherungskammer, Berliner Feuersozietät, Nassauische Brandversicherungsanstalt, Sächsische Brandversicherungskammer), die als Gebäude-Zwangsversicherungsanstalten über eine ziemlich lückenlose Gebäude-Blitzschadenstatistik verfügen, haben daraufhin für verschiedene Städte ähnliche Erhebungen veranstaltet und die Blitzschäden in Karten eingetragen. Abb. 5 zeigt z. B. den Münchener Stadtplan, in dem alle Blitzschäden aus den Jahren 1909 bis 1933 eingetragen sind. Das Ergebnis dieser Untersuchungen bespricht Walter in der „Deutschen öffentlich-rechtlichen Versicherung" 67 (1935) S. 290.

Nach Walter hat der heute übliche Blitzableiter zwei Nachteile:

1. die Einschlagstelle liegt unmittelbar über dem Dach und
2. die Entladung erfolgt unter Umständen in bedenklicher Nähe der Hausbewohner.

[1]) Z. techn. Physik 14 (1933) S. 118.

Beides läßt sich nach Walter vermeiden, wenn man den Blitzableiter nicht unmittelbar am Hause selbst anbringt, sondern ihn durch Fangstangen von hinreichender Höhe ersetzt und diese in einer passenden Entfernung von dem zu schützenden Gebäude aufstellt. In gewissen Fällen sollen sich auch durch mehrere Fangstangen Gebäudegruppen (Gehöfte, Siedlungen u. dgl.) oder auch Teile einer Großstadt schützen lassen. Walter beweist dies an

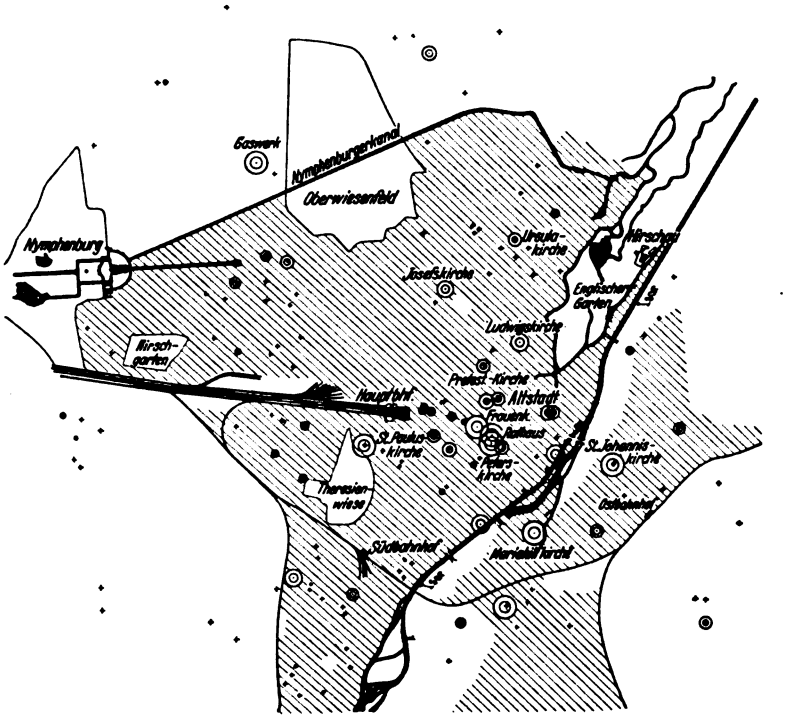


Abb. 5. Blitzeinschlagstellen (+) im Stadtgebiet München aus den Jahren 1909 bis 1933 nach der Statistik der Bayerischen Brandversicherungskammer.

Hand der Statistik von 21 Jahren der Hamburger Feuerkasse für die Altstadt Hamburg, von der ein großer Teil durch die Blitzableiter der 6 darin enthaltenen etwas über 100 m hohen Türme in dem genannten Zeitraum vollständig vor Blitzschlägen geschützt blieb.

Zur Ermittlung der Größe des Schutzradius r geht Walter von der Theorie aus, daß der Blitz stets die seiner Ausgangsstelle in der Wolke am nächsten gelegene Stelle der Erdoberfläche aufsucht. Bei einer Fangstangenhöhe h und einer Entfernung H (in Meter) zwischen Gewitterwolke und Erde ergibt sich dann $r = \sqrt{(2H - h)\,h}$. Die Beobachtungen der Hamburger Feuerkasse führen aber zu einem praktisch wirksamen Schutzkreisradius von nur $r = h - 25$, wobei h wieder die Höhe der Fangstange in Meter (z. B. Höhe des blitzgeschützten Kirchturms, Schornsteinhöhe, sonstige besonders hohe Bauwerke mit Blitzableitern) und die Höhe von 25 m die Durchschnittshöhe der üblichen städtischen Gebäude angibt. Jedenfalls ergeben die Walter zur Verfügung stehenden Feststellungen der Feuerversicherungsanstalten, daß in Großstädten innerhalb dieses sogenannten ersten Höhenkreises keine Blitzschläge und innerhalb des sogenannten zweiten Höhenkreises $r = 2\,(h - 25)$ bereits einige, wenn auch nur wenige Blitzeinschläge erfolgt sind. Auch Modellversuche mit 50 cm langen Induktionsfunken führen Walter zu ähnlichen Ergebnissen. Der Schutz eines 100 m hohen mit Blitzableiter versehenen Turmes erstreckt sich nach Walter in einer Großstadt auf einen Umkreis von etwa 75 m, während sich nach der theoretischen Formel $r = \sqrt{(2H - h)\,h}$ für $H = 1000$ m z. B. und $h = 100$ m ein Schutzradius von $r = 400$ m ergeben würde.

Aus der schlechten Übereinstimmung von Theorie und Praxis schließt Walter, daß der von der Wolke aus vordringende Blitz von den auf der Erdoberfläche befindlichen erhöhten Bauten, Schornsteinen usw. nicht schon an seiner Ausgangsstelle, sondern erst in unmittelbarer Nähe der letzteren beeinflußt wird. Es fragt sich, ob die Modellversuche Walters zur Lösung des Problems beitragen können, da bekanntlich namhafte Forscher gerade

Digitized by Google

solche Versuche als nicht zuverlässig bezeichnet haben[1]). Bedenken gegen Walters Schlußfolgerungen hat Beenken bereits früher dargelegt[2]).

Walter errechnet aus den ihm von den genannten öffentlichen Feuerversicherungsanstalten zur Verfügung gestellten statistischen Unterlagen für die Städte Berlin, Hamburg, Dresden, Leipzig, München, Chemnitz, Karlsruhe, Augsburg, Nürnberg und Wiesbaden eine sogenannte „Blitzanfälligkeit" (Durchschnittszahl der Blitzeinschläge je Jahr und km² Stadtfläche). Sie ist außerordentlich niedrig und bewegt sich zwischen 0,09 und 0,57. Die geologischen Verhältnisse und das Vorhandensein von Wasserflächen und Flüssen sind nicht berücksichtigt worden. Sie sollen nach Walter keine wesentliche Rolle spielen. Dies wird vielleicht noch zu prüfen sein.

Es wird sich bis auf weiteres empfehlen — so bemerkenswert Walters Untersuchungen auch sind —, zunächst für die Praxis noch keine endgültigen Schlußfolgerungen zu ziehen. Es wäre nicht zweckmäßig, heute auf die Einrichtung von Blitzschutzanlagen, z. B. in der Nachbarschaft einer Kirche, im Vertrauen auf den „Schutzkreis" dieser hohen „Fangstange" zu verzichten. Die nach den bewährten Leitsätzen des Ausschusses für Blitzableiterbau erbauten Blitzschutzanlagen sind preiswert und auch heute noch zu empfehlen. Es ist nicht anzunehmen, daß durch hohe Blitzschutzstangen oder Fernblitzableiter wesentliche Verbilligungen erzielt werden können. Wie ein Blick auf die Karten Walters zeigt, ist auch der Wirkungsbereich der „Schutzstangen" gering, so daß zum Schutze größerer Siedlungen zahlreiche sehr teure Fernblitzableiter von 100 m Höhe oder mehr nötig wären. Anderseits haben sich die hohen Schutzstangen bei Sprengstofflagern und explosionsgefährdeten Betrieben nachweislich gut bewährt. Hier ist aber nicht die Kostenfrage von überwiegender Bedeutung.

Wenn wir hier auf diese Arbeit hinweisen, so möchten wir zu weiteren Untersuchungen anregen. Der von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen herausgegebene Bericht „Über den Blitzschutz explosionsgefährlicher Gebäude" (Neubabelsberg 1916) gibt ebenfalls manche Hinweise. Vor allem wäre die Frage zu prüfen, wie Blitzableiter und elektrische Hausinstallationen sich gegenseitig beeinflussen. Der von Walter mit Recht erwähnte Nachteil der bisher üblichen Blitzschutzanlagen gilt nicht nur für die mögliche Gefährdung von Personen, sondern auch für die schädlichen Beeinflussungen von Elektroinstallationen.

C. D. Beenken VDE, Berlin.

538. 246. 2. 001. 3 **Bau und Berechnung eines großen Dauermagneten.** — Von einem großen Dauermagneten, der für Arbeiten über β-Strahlen-Spektroskopie im Institut du Radium in Paris gebaut war, werden technische Daten sowie die Berechnung mitgeteilt. Der Magnet gestattet, für Expositionszeiten von mehreren Tagen absolut konstante Magnetfelder herzustellen, was mit Elektromagneten nicht möglich ist. Das Gewicht des Magnetstahles (36prozentiger Kobaltstahl) beträgt 340 kg, das Gesamtgewicht 1480 kg. Durch auswechselbare Polstücke können Magnetfelder bis zu 1430 bzw. 785 Gauß erzeugt werden in Lufträumen von den Ausmaßen: Länge 60 mm, Querschnitt 250 × 370 mm² bzw. Länge 120 mm, Querschnitt 330 × 450 mm². Magnetisiert wird durch zwei Spulen von je 375 Windungen und 3,5 mm Drahtdurchmesser, die bei 55 700 AW eine Magnetisierungsfeldstärke von rd. 700 Ø liefern, ein Wert, der noch auf den doppelten Betrag gesteigert werden kann. Die Herstellung niedrigerer Luftspaltfelder ist durch Wahl entsprechend kleinerer Magnetisierungsfeldstärken möglich. Zur Verringerung der Streuung und zur Erzielung eines homogenen Feldes sind die zwei Magnetschenkel von je 500 mm Länge und 140 × 284 mm² Querschnitt (ähnlich wie beim Weißschen Elektromagneten) in der Feldrichtung des Luftspaltes angeordnet; dem Kraftlinienrückschluß dient ein Joch aus Armcoeisen, aus dem auch die Polstücke hergestellt sind. Die freie Stahllänge beträgt für jeden Schenkel 380 mm. Um den an sich schon großen Aufwand an Magnetstahl auf einen Kleinstwert zu bringen, wurden die günstigsten Abmessungen des Magneten genau vorher berechnet. In Anlehnung an die Verfahren von Evershed und von Picou werden die magnetischen Widerstände des ganzen Kreises ausgerechnet und aus der Entmagnetisierungskurve des Kobaltstahles die Induktionen im Stahl sowie im Luftspalt ermittelt. Die gute Übereinstimmung mit den experimentell bestimmten Werten beweist die Zulässigkeit der vereinfachenden Annahmen bei der Berechnung der magnetischen Luftwiderstände, bei denen die Form der Streulinien am Luftspalt als kreisförmig angenommen war. Die wiedergegebenen Kraftlinienbilder lassen u. a. deutlich die grundsätzlichen Unterschiede gegenüber den Bildern von Elektromagneten erkennen. [J. Surugue, Rev. gén. Electr. 39 (1936) S. 171.] *Nmn.*

621. 317. 333. 8 **Stoßdurchschlag von Dielektriken.** — Der erste Teil dieser allgemein gehaltenen Arbeit von C. J. O. Garrard befaßt sich mit der Erläuterung der bekannten Begriffe Stoßspannung, Stoßfaktor und Stoßprüfung. Dabei wird an dem Beispiel einer Spitzenfunkenstrecke das allmähliche Vorwachsen einer Stoßentladung an Hand der Stoßionisationsvorgänge erklärt und das Auftreten eines gewissen Zeitverzugs sowie einer zum Durchbruch erforderlichen Energie begründet. Es folgen Betrachtungen über den Zusammenhang von Höhe der Stoßüberschlagspannung und Zeitverzug sowie Darlegungen der nach der Bezeichnungsweise der I. E. C. vorgeschlagenen Stoßwellen von $^1/_{50}$ µs und für Sonderzwecke von $^1/_5$ bzw. $^1/_{500}$ µs. Für den Stoßfaktor wird die schon von Peek (1930) stammende Beziehung $\beta = 1 + \frac{a}{\sqrt{t}}$ erwähnt, wobei a eine von dem Dielektrikum usw. abhängige Konstante und t die Dauer der Stoßwelle bis zum Zusammenbruch (den Zeitverzug) bezeichnet. Die Größe des Zeitverzuges hängt dabei stark von der Gestalt der Elektroden ab und ist um so kleiner, je gleichförmiger das elektrische Feld ist (Kugelfunkenstrecke!). Auch die Polarität hat Einfluß auf den Stoßfaktor, der niedriger ist, wenn die Elektrode mit der höheren Feldstärke positiv ist.

Nach diesen bekannten Darstellungen gibt der Verfasser als einfaches Mittel, die Schärfe einer Prüfung mit verschiedenen Stoßwellen vergleichsweise zu bestimmen, folgendes Verfahren an: Unter der Voraussetzung, daß bei den empfohlenen Versuchsbedingungen (d. h. Ermittlung der Mindeststoßüberschlagspannung, ähnlich den deutschen Bestimmungen, mit Überschlag in etwa 50 % der aufgedrückten Stöße. — Der Ber.) der Überschlag am Isolator erst bei einem Augenblickswert der Spannung erfolgt, der gleich der Dauerüberschlagspannung U_0 des Isolators ist, ergibt sich für die Energie während der Zeit T_3 (wo der Augenblickswert u der Stoßwelle den Wert U_0 überschreitet) und der Zeit T_4 (wo für $u = U_0$ voraussetzungsgemäß der Überschlag auf dem Rücken der Stoßwelle erfolgt) die Beziehung

$$W = \int_{T_3}^{T_4} k\,(u - U_0)^2\,\mathrm{d}t$$

oder aufgelöst

$$W = U_0^2\,\frac{k}{3}\cdot\frac{(\beta-1)^3}{\beta}\cdot(2\,T_2 - T_1)\cdot$$

Hierbei bedeutet $\beta = U/U_0$ den Stoßfaktor, U den Scheitelwert der Stoßwelle, k eine Konstante, T_2 die Zeit für $u = 0{,}5\,U$ und T_1 die Zeit für $u = U$. Da k und U_0 für einen bestimmten Isolator gleich groß sind, kann ohne weiteres der Stoßfaktor β' für eine andere Stoßwelle mit den Werten T'_1 und T'_2 berechnet werden. Der Vergleich einer derartigen Berechnung mit den versuchsmäßig aufgenommenen Werten ergab vorzügliche Übereinstimmung. [Electrician 116 (1936) S. 373.] *W. W.*

---

[1]) Z. B. Max. Toepler schreibt: Ich möchte mich da immer wieder gegen die Unzweckmäßigkeit, ja z. T. weil irreführend, völlige Unbrauchbarkeit von Modellversuchen aussprechen, bei denen man z. B. einen großen Leiter hernimmt und ein kleines Kirchlein, Bäumchen, Häuschen oder dgl. unten aufstellt und mittels willkürlich regulierter Spannung, und wenn es 5 Mill V sind, einen „Blitz" herunterfahren läßt. (Bericht von der Sondertagung über Blitzschutzfragen, herausgegeben vom Verband Sächsischer Elektrizitätswerke e. V., Dresden 1932, S. 11).

[2]) C. D. Beenken, Öffentlich-rechtliche Versicherung 65 (1933) S. 192.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Die Entwicklung der Kranmotoren.

Von **A. Graf**, Berlin.

621. 34 : 621. 87

Übersicht. Der Aufsatz bringt zunächst einen geschichtlichen Rückblick auf die elektrisch betriebenen Hebezeuge, deren Entwicklung in hohem Maße dem Elektromotor zu danken ist. Anderseits haben die Hebezeuge den Bau von Kranmotoren richtunggebend beeinflußt und die Planung nach Aussetzleistung an Stelle der ursprünglichen Zeitleistung bewirkt.

Im Jahre 1879 war auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung die erste elektrische Bahn in Betrieb. Ihr Erbauer, Werner von Siemens, schuf im folgenden Jahre das erste elektrisch betriebene Hebezeug. Auf der Industrieausstellung in Mannheim, 1880, wurde ein Personenaufzug in einem Aussichtsturm von 20 m Höhe vorgeführt. Die „sekundäre elektrische Maschine", wie damals der Elektromotor noch hieß, arbeitete über eine Schnecke, ohne nachgebende mechanische Zwischenglieder, auf zwei Zahnräder. Diese griffen in eine feste, senkrechte Zahnstange ein, an der sich der Aufzug auf und ab bewegte. Während der Dauer der Ausstellung beförderte der Aufzug mehr als 8000 Personen. Er ist jetzt im Deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München aufgestellt.

Man kam bald darauf, den Elektromotor auch zur Beförderung von Lasten in senkrechter und waagerechter Richtung zu verwenden. In Deutschland war es die Elektrizitäts-Gesellschaft Helios, Köln, die im Jahre 1885 einige ihrer Werkstättenkrane mit Elektromotoren ausrüstete. 1886 erhielt die Aktiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau, vormals Johann Kaspar Harkort, in Duisburg von Zobel, Neubert & Co., Schmalkalden, einen fahrbaren Gerüstkran mit einem Elektromotor von 5 PS. Die Dampfkessel- und Maschinenfabrik Ludwig Stuckenholz, Wetter a. d. Ruhr, baute 1887 einen elektrisch betriebenen Laufkran für die Werft von Blohm & Voß, Hamburg. In den folgenden Jahren fand der Elektromotor in Hafenkranen die erste Verwendung[1]). Im Jahre 1891 wünschte die Strom- und Hafenbauverwaltung, Hamburg, den elektrischen Antrieb eines Portaldrehkranes. Für das Hubwerk wählte die AEG einen Gleichstrom-Nebenschlußmotor ihrer normalen Motorreihe, weil man vom Reihenschlußmotor eine gefährliche Steigerung der Geschwindigkeit beim Heben des leeren Hakens befürchtete. Für das Schwenken des Kranes wurde dagegen ein Reihenschlußmotor vorgesehen.

Die erzeugenden Firmen bauten Versuchskrane. Sie boten willkommene Mittel zur Belehrung über die Sonderaufgaben, denen die Motoren und das Gerät zum Heben der Last und zum Regeln der Geschwindigkeit gewachsen sein mußten. Man erkannte bald, daß die im Bau von Elektromotoren für Dauerbetrieb bewährten Richtlinien für die Anforderungen im Hebezeugbetrieb nicht genügten.

In den V. S. Amerika hatte die Bauart Thomson-Houston im elektrischen Bahnbetrieb wachsende Verbreitung gefunden. Die Erzeugnisse paßten sich dem Hebezeugbetrieb weitgehend an. Die Union-Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, erwarb die Rechte der Thomson-Houston-Gesellschaft und machte sich deren Erfahrungen zunutze, nachdem sie zuvor sich ausschließlich der Umgestaltung der Straßenbahnen in elektrischen Betrieb gewidmet hatte. Ausgehend vom Straßenbahnbetrieb setzte sich die Erkenntnis durch, daß der Elektromotor auch fähig sein müßte, ohne gleitende Zwischenglieder zum Schutze des Motors eine schwebende Last aus der Ruhestellung anzuheben und zu bewegen. Zwei Errungenschaften stammen aus den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts: der Mehrmotorenkran, bei dem jede Bewegung in den verschiedenen Richtungen durch einen eigenen Motor erfolgt, lediglich unter Zwischenschalten von Zahnradvorgelegen, und die Wahl der Hauptstromwicklung bei Gleichstrom, um die Geschwindigkeit der jeweiligen Last anzupassen.

Bedingt durch die früher verwendete Antriebskraft in Form von Dampf, Preßluft und Druckwasser war der Drehkran als einzige schnell arbeitende Hebemaschine entwickelt worden. Der elektrische Betrieb übernahm ihn in der überlieferten Form. War beim Dampfkran das ganze Triebwerk an einer Stelle, in der Nähe der Drehachse, vereinigt, so löste der elektrische Betrieb das Triebwerk wieder auf und legte den Antrieb, unter Beseitigung aller überflüssigen mechanischen Übertragungen, dahin, wo der Widerstand auftrat. Der Einmotorenkran wich dem Mehrmotorenkran.

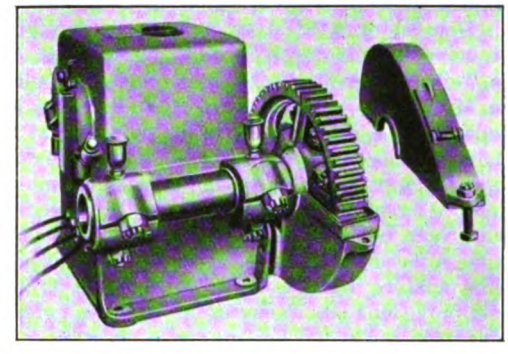


Abb. 1. Gleichstrom-Kranmotor, Baujahr 1897.

Der Laufkran, ohne den wir uns eine Werkstatt nicht mehr denken können, verdankt seine weite Verbreitung nur der Einführung des elektrischen Antriebes, der nicht nur die anderen Betriebsarten bis auf wenige Ausnahmen verdrängte, sondern auch den Bau vieler neuer Hebezeugarten befruchtete. Die einfache, betriebssichere Stromzuführung mittels Schleifleitungen, auch zu den in Bewegung befindlichen Motoren, schuf eine völlige Umbildung des Kranes. Der gedrungene Bau des Elektromotors beschränkt nicht mehr die Wahl der Hebezeuge; der Lage, Gestalt und Ausdehnung der Kranfahrbahn sind praktisch keine Grenzen mehr gezogen. Wendegetriebe, Kegelräder und Umgehungsseile fielen durch den Einbau mehrfacher, umsteuerbarer Elektromotoren fort; die Leistung wurde gesteigert und die Geschwindigkeit bis zum Zehnfachen der früher üblichen erhöht. Dazu kam das Streben nach Steigerung der Regelmöglichkeit: neben hohen Geschwindigkeiten müssen auch niedrigste erreichbar sein. Der Motor und die übrige elektrische Ausrüstung müssen sich den mechanischen Forderungen unterordnen: einfache und sichere Bedienung, geringe Wartung und das Ertragen rauher Behandlung, Unempfindlichkeit gegen häufiges und schnelles Anlassen und Umsteuern, gegen Erschütterung, Staub, Regen und Schnee. Wirtschaftliche Gesichtspunkte, wie Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, verlustlose Regelung, treten im Hebezeugbetrieb, im Gegensatz zum Dauerbetrieb, an die zweite Stelle.

Abb. 1 zeigt einen der ältesten Gleichstrom-Kranmotoren. Die geschlossene Form und das zweiteilige Ge-

[1]) S. a. Wundram, ETZ 56 (1935) S. 689.

Digitized by Google

häuse wurden von den Straßenbahnmotoren übernommen. Der Zusammenbau mit Lagern einer Vorgelegewelle sowie die federnde Aufhängung wurden, nach dem Vorbild der Straßenbahnmotoren, anfangs auch für Kranmotoren gewählt, jedoch bald verlassen. Die geschlossene Bauart hat eine Vergrößerung der Motormaße, mithin eine Verteuerung zur Folge, da der Motor, unter Wegfall der Luftkühlung bei offener Bauart, die durch die Verluste entstehende Wärme nur noch durch Strahlung abgeben kann. Die Mehrzahl der Hebezeuge steht aber im Freien oder in Betrieben, wo der Motor der Wirkung von Staub, Schmutz und Spritzwasser ausgesetzt ist. Für Hebezeuge werden daher Motoren mit geschlossenem Gehäuse in großer Zahl

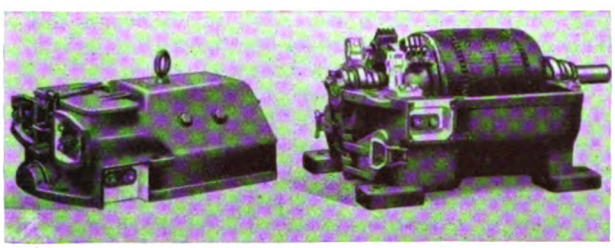


Abb. 2. Gleichstrom-Kranmotor, Baujahr 1925.

gewählt. Zu verwerfen ist die Aufstellung eines Motors offener Bauart in einem engen Kasten aus Holz oder Blech zum Schutze gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit. Der Motor wird dann auch noch der Fähigkeit beraubt, seine Wärme durch Strahlung abzugeben.

Die Teilung des Motorgehäuses galt lange als unerläßliche Maßnahme, um Störungen in kürzester Zeit beheben und höchste Betriebsbereitschaft erzielen zu können. Nach Lösen weniger Schrauben kann die obere Gehäusehälfte aufgeklappt oder abgehoben werden. Dadurch sind Anker und Lager zum Überholen oder Auswechseln zugänglich. Nach beendigter Ausbesserung kann der Motor ohne neues Ausrichten in Betrieb genommen werden. Abb. 2 zeigt eine spätere Bauart eines Gleichstrom-Kranmotors mit geteiltem Gehäuse. Neuerdings werden geteilte Gehäuse nur noch für große Leistungen vorgesehen. Bei Motoren kleiner und mittlerer Leistung verursachte die Teilung des Gehäuses eine beträchtliche Preissteigerung. Auch gewann die Erkenntnis die Oberhand, daß es in Störungsfällen richtiger ist, den ganzen Motor auszuwechseln und in der Instandsetzungswerkstatt mit allen dort zu Gebote stehenden Werkzeugen und Geräten auszubessern.

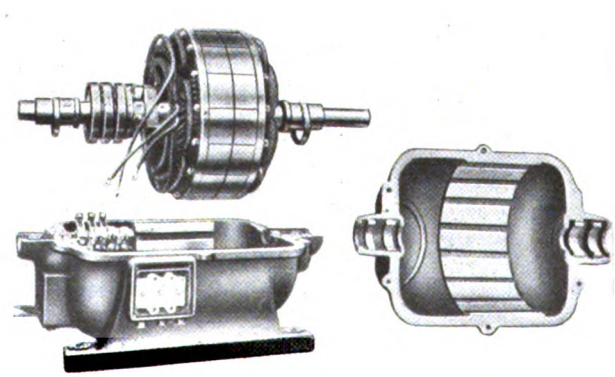


Abb. 3. Drehstrom-Kranmotor, Baujahr 1924.

Durch die zunehmende Stromversorgung aus Überlandwerken, die durchweg Drehstrom erzeugen, sowie infolge des Umbaues städtischer Werke von Gleichstrom auf Drehstrom wurde die Entwicklung von Drehstrom-Kranausrüstungen immer dringlicher; der Drehstrommotor mußte als Kranmotor ausgebildet werden.

Die bei Gleichstrom übliche Teilung des Gehäuses war nicht angängig, da die Gehäusewicklung von Drehstrommotoren kleiner Leistung nicht teilbar ist. Anderseits mußte im schweren Hüttenkranbetrieb die Abnutzung der Lager wegen des kleinen Luftspaltes der Drehstrommotoren dauernd überwacht werden. Abb. 3 zeigt eine für Drehstrom entwickelte Bauart. Durch Teilung des äußeren Gehäuses wurden die Lager und Schleifringe, der Läufer und das ungeteilte Blechpaket mit der Gehäusewicklung zugänglich. Um die Lagerschalen, ohne Abrüstung des Motors, auswechseln zu können, genügte auch eine Teilung der Lager, Abb. 4.

Zum Anheben einer schwebenden Last müssen Kranmotoren ein Höchstmoment entwickeln, das mindestens das Zweifache des Nenndrehmomentes beträgt. Während das Anzugsmoment des Gleichstrom-Reihenschlußmotors in offener Bauart etwa das 2,5fache, in geschlossener Bauart sogar das Dreifache und mehr des Nenndrehmomentes erreicht, werden Drehstrommotoren für Dauerbetrieb meist für ein Höchstmoment gebaut, das dem 1,6fachen des Nenndrehmomentes entspricht. Wird nun bei Verwendung des Motors im aussetzenden Betrieb auch noch die Leistung gesteigert, die er im Dauerbetrieb hergeben kann, so muß sein Höchstmoment, das „Kippmoment", aus beiden Gründen erhöht werden. Dies geschieht durch stärkere magnetische Sättigung. Das hohe Lastmoment wirkt sich mechanisch insofern nachteilig aus, als es die Welle vermehrt auf Biegung beansprucht, so daß, bei dem geringen Luftspalt zwischen Gehäuse und Läufer, die Gefahr eines Schleifens mit Zerstörung der Wicklung eintreten kann. Die Vergrößerung des Luftspaltes hat wieder eine Steigerung des Magnetisierungsstromes und damit der Erwärmung sowie eine Verschlechterung des Leistungsfaktors zur Folge. Die verstärkte magnetische Zugkraft beansprucht die Welle zusätzlich, wenn infolge des Verschleißes in den Lagern der Läufer nicht mittig zum Gehäuse liegt. Da der Vergrößerung des Luftspaltes enge wirtschaftliche Grenzen gezogen sind, mußte dem Übel auf andere Weise gesteuert werden, und zwar durch den Einbau von Wälzlagern, die praktisch keinen Verschleiß erleiden. Sie bringen außerdem den Vorteil eines kleineren Abstandes der Lagermitten, mithin einer geringeren Durchbiegung der Welle, und ermöglichen das Aufrüsten des Motors in beliebiger Lage. Besonders bei Flanschmotoren ist die Kürzung der Baulänge von Wert.

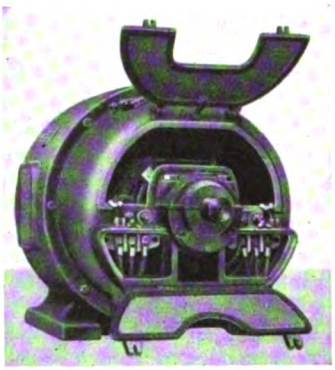


Abb. 4. Geschlossener Drehstrommotor mit geteilten Lagern, Baujahr 1919.

Die passende Wahl der Drehzahl ist bei Kranmotoren wichtig; sie hängt mit der Massenwirkung eng zusammen, die bei der dauernden Änderung der Geschwindigkeit zwischen Stillstand und voller Drehzahl und umgekehrt eine Rolle spielt. Von der gesamten kinetischen Energie eines Hubwerkes entfällt in der Regel ein beträchtlicher Teil auf die kinetische Energie des Motorläufers, der mithin für kleines Arbeitsvermögen, d. h. mit kleinem Schwerkreisdurchmesser, zu entwerfen ist. Noch größeren Anteil an der zu leistenden Beschleunigungsarbeit hat die Motordrehzahl. Niedrige Drehzahl bedingt zwar großen Durchmesser, also großes Schwungmoment; das Arbeitsvermögen wächst aber mit dem Schwungmoment nur linear, mit der Drehzahl dagegen quadratisch; für den langsamlaufenden Motor ist es daher kleiner als für den raschlaufenden. Daraus ergeben sich Motoren in gestreckter Form, die auch insofern erwünscht ist, als sie eine

Digitized by Google

Vergrößerung der abkühlenden Oberfläche bringt. Außerdem ist bei der Wahl der Drehzahl die möglicherweise auftretende Höchstgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Gleichstromanker- und Drehstromläufer-Bandagen werden besonders durch stromloses Senken mit nicht feststellbarer Geschwindigkeitssteigerung gefährdet. In diesen Fällen sind langsamlaufende Motoren zu wählen. Bei Gleichstrom müssen wegen der Entlastung beim Heben des leeren Hakens für Triebwerke mit hohem Wirkungsgrad ebenfalls langsamlaufende Motoren vorgesehen werden.

Im Jahre 1924 hat der Verband Deutscher Elektrotechniker die Drehzahl der Kranmotoren, abgestuft nach der Leistung, für Drehstrom und Gleichstrom genormt[2]). Die Drehzahlen reichen bei Drehstrom von 1500 bis 600 synchronen U/min, bei Gleichstrom von 1420 bis 330 U/min.

Mit dem Vordringen des elektrischen Antriebes im Bau von Hebezeugen gewann die Planung durch richtiges Erfassen der Beanspruchung der Motoren, Widerstände und Steuergeräte wachsende Bedeutung. Es galt vor allem, eine passende Antwort auf die Frage nach der Belastbarkeit des Motors bei aussetzendem Betrieb zu finden.

Im Jahre 1900 wandte E. Oelschläger[3]) das Newtonsche Gesetz des Erkaltens an auf eine elektrisch geheizte, gleichartige Masse, mit unveränderlichem Wärmeabgabevermögen während der Einschaltezeit und der Pause, und schuf mit dieser Abhandlung die Grundlage für alle späteren Arbeiten auf dem Gebiet. Für Widerstände treffen die Ergebnisse der Untersuchung annähernd zu; für Motoren sind sie nicht ohne weiteres richtig. Sie fanden daher für die Leistungsbewertung und für die Planung keinen Eingang in die Praxis, vielmehr führte der VDE in den mit Wirkung vom 1. 7. 1901 erstmals herausgegebenen „Normalien zur Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren" die intermittierende Leistung ein. Intermittierend ist nach § 3 der Normalien ein Betrieb, bei dem nach Minuten zählende Arbeitsperioden und Ruhepausen abwechseln. § 4 bestimmte: „Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für intermittierende Betriebe ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche ohne Unterbrechung eine Stunde lang abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Wert überschreitet. Diese Leistung ist auf einem Schild unter der Bezeichnung ‚intermittierend' anzugeben." Die außerordentliche Verschiedenheit im Grade der Anstrengung, die „Schwere" des Betriebes der Hebezeuge, war zunächst nicht berücksichtigt.

In der ersten und zweiten Änderung der Normalien, die seit 1903 „Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren" hießen, wurde der Wortlaut der ersten Fassung beibehalten. Dagegen erschienen im Jahre 1903 Erläuterungen zu den Normalien, die an Hand eines Beispieles die Wahl eines Motors für 20 PS intermittierend nach den Betriebsverhältnissen, also nach der Schwere des Betriebes, und nicht nur nach der Belastung im Betriebe empfahlen. Entsprechend den Annahmen in dem Beispiele waren Motoren für 25, 20 und 16 PS vorzusehen und mit diesen Leistungen eine Stunde lang zu prüfen, wiewohl in jedem der drei Fälle der Motor mit 20 PS beansprucht wurde, wenn er im Betriebe war. Durch die Einführung einer einstündigen Prüfung war also der intermittierende Betrieb nur ungenügend erfaßt. Auch war es schwierig, einem Kunden klarzumachen, daß er in dem angezogenen Falle einen Motor für 25 PS braucht, obwohl die Leistung nicht mehr als 20 PS beträgt.

Man half sich zunächst durch Abstufung der Prüfzeit. Außer Motoren für Stundenleistung gab es solche für 30-, 45-, und 90 min-Leistung. Auch diese Unterteilung galt nur für Prüfzwecke. Es sollte damit nicht zum Ausdruck kommen, daß die wirkliche Arbeitszeit im Kranbetrieb die gestuften Zeiten erreicht, vielmehr daß der Motor bei gleichbleibender Belastung die betreffende Zeit arbeiten könnte, ohne die Erwärmungsgrenzen zu überschreiten. Indem auf Grund der Erfahrung die verschiedenen Hebezeuge auf die Zeitstufen verteilt wurden, gelang es, einen besseren Anhalt für die Bemessung der Motoren zu schaffen. Hafenkrane für Stückgüter sowie Werkstatt-, Gießerei- und Werftkrane arbeiten nur selten mit der größten Last, für die sie gebaut sind; die Ruhepausen sind meist länger als die Arbeitszeiten. Derartige Krane erhielten Motoren für 45 min-Leistung, die man als „Kranleistung" bezeichnete. Dieser Entwicklung folgten auch die Normalien, deren zweite Fassung, gültig ab 1. 7. 1914, in § 4 nur noch zwei Betriebsarten unterschied:

a) den Dauerbetrieb, bei dem die Belastbarkeit der Maschine oder des Transformators beliebig lange Zeit innegehalten werden kann, ohne daß die Temperatur und die Temperaturzunahme die in den §§ 18 und 19 angegebenen Grenzen überschreiten,

b) den kurzzeitigen Betrieb, bei dem die Belastbarkeit der Maschine oder des Transformators nur während einer vereinbarten Zeit innegehalten werden kann, ohne daß die Temperatur und Temperaturzunahme die in den §§ 18 und 19 angegebenen Grenzen überschreiten.

§ 6 besagte außerdem: Bei Vereinbarungen für kurzzeitigen Betrieb gelten 10, 30, 60 oder 90 min als normale Betriebszeiten.

Nach diesen Bestimmungen wäre in obigem Beispiel im ersten Falle ein Motor für 20 PS und 90 min, im zweiten ein solcher für dieselbe Leistung, jedoch für 60 min, und im dritten Falle ein Motor für 20 PS und 30 min zu wählen. Nunmehr kämen in jedem Falle Motoren zur Lieferung, deren Leistungsschild die verlangte Nennleistung von 20 PS angibt. Hierdurch werden Meinungsverschiedenheiten zwischen Lieferer und Käufer vermieden.

Die Bemessung der Zeit, während der die Nennleistung ohne Unterbrechung abgegeben werden kann, ist abhängig von der als zulässig erachteten Wärmezunahme des Motors. Am Ende dieser Zeit müßte der Motor lange genug außer Betrieb bleiben, um die Wärme an die Umgebung abzugeben und sich bis auf deren Temperatur abzukühlen. Ein derartiger kurzzeitiger Betrieb bildet bei Hebezeugen eine seltene Ausnahme. Hier wie auch bei der Mehrzahl der Maschinen für Nahförderung zählen Einschaltungen und Pausen nach Minuten oder gar nach Bruchteilen von Minuten. Dabei sind die Pausen fast immer länger als die Einschaltzeiten. Dagegen erstreckt sich der Betrieb meist über die ganze Arbeitswoche. Bei der Planung von Kranmotoren muß deshalb außer der Leistung, der Drehzahl und dem Anlaufmoment die zeitliche Einwirkung der Einschaltungen und der Pausen auf die Erwärmung und Abkühlung des Motors berücksichtigt werden. Die Mannigfaltigkeit der Betriebsarten erschwert noch die Erfassung. Für den Laufkran in einem Kraftwerk, der nur selten in Tätigkeit tritt, und den Stripperkran im Stahlwerk mit angestrengtem Tag- und Nachtbetrieb liegen die Arbeitsbedingungen völlig verschieden.

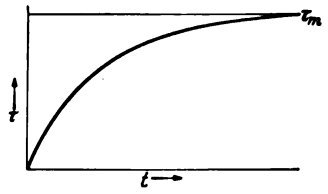
Die Erwärmung eines Motors ist abhängig von der durch die Verluste erzeugten Wärmemenge. Die Verluste sind: Reibungsverluste in den Lagern, Eisenverluste durch Hysteresis und Wirbelströme, Kupferverluste durch Stromwärme. Die entwickelte Wärme wird zum Teil im Motor aufgespeichert, zum Teil an die Umgebung abgegeben. Sie ist gleichbleibend, solange die Belastung sich nicht ändert. Die Wärmeaufnahmefähigkeit (Wärmekapazität) ist von der Masse des Körpers und von dessen spezifischer Wärme abhängig, also gleichfalls konstant. Das Wärmeabgabevermögen ändert sich unter dem Einfluß der Lüftung; es steigt also mit der Drehzahl des Motors und mit der Dauer der Einschaltung.

Die Abb. 5 und 6 zeigen die Erwärmungs- und Abkühlungskurve in Abhängigkeit von der Zeit. Der Endzustand der Erwärmung und der Abkühlung wird theoretisch erst

[2]) DIN VDE 2660 und DIN VDE 2010.
[3]) ETZ 21 (1900) S. 1058.

Digitized by Google

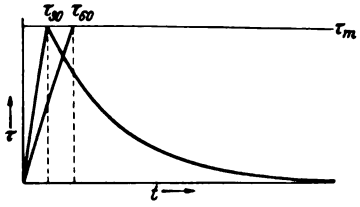
nach unendlich langer Zeit erreicht, praktisch jedoch schon nach vier bis zehn Stunden, je nach der Größe des Motors. Beide Linien sind Exponentialkurven; die eine ist das Spiegelbild der anderen. Die Kurven gelten für den Dauerbetrieb mit gleichbleibender Belastung und darauf folgender genügend langer Pause, in der die Übertemperatur des Motors wieder verschwindet. Wird die Belastung größer gewählt, so verläuft der Temperaturanstieg steiler; die zulässige Grenze der Erwärmung würde überschritten, wenn die Belastung beim Erreichen der Grenzerwärmung nicht abgeschaltet würde. Je größer also die Belastung ist, desto kürzer wird die Einschaltdauer, die „Zeitleistung", die den kurzzeitigen Betrieb kennzeichnet.



τ Temperatur τ_m Grenztemperatur
t Zeit

Abb. 5. Erwärmungskurve.

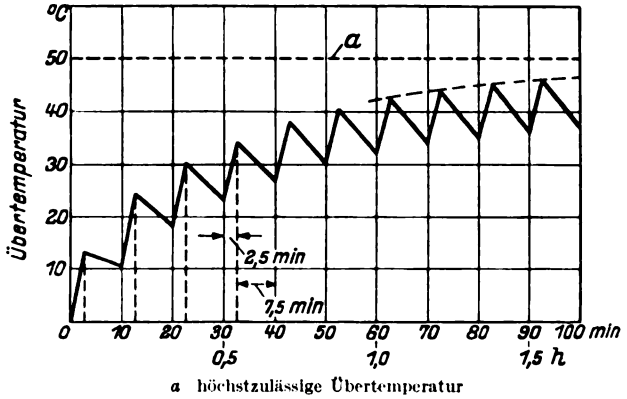
Die Planung der Kranmotoren nach der Zeitleistung wurde dem aussetzenden Betriebe, wie er in Hebezeugen wirklich abläuft, nicht gerecht. Nach wie vor war man bei dem Entwurf auf eigene und fremde Erfahrung angewiesen. Im Jahre 1919 regte C. Schiebeler an, die relative Einschaltdauer und damit die wirklichen Belastungsverhältnisse des Kranbetriebes zur Grundlage der Planung zu machen.



t Zeit
τ Temperatur
τ_m Grenztemperatur
τ_{30} Temperaturverlauf für 30 min Einschaltung
τ_{60} Temperaturverlauf (ohne Abkühlungskurve) für 60 min Einschaltung

Abb. 6. Abkühlungskurve.

Im Kran- und Aufzugsbetrieb wechseln Betriebszeiten und Pausen dauernd. Die Belastung erfolgt nur selten in regelmäßigen Spielen mit gleichbleibenden Einschaltzeiten, Leistungen und Pausen, meist in Spielen von wechselnder Dauer und dazu mit wechselnden Einschaltzeiten, Leistungen und Pausen. Bei regelmäßigem Verlauf der



a höchstzulässige Übertemperatur

Abb. 7. Temperaturverlauf eines Motors im Aussetzbetrieb.

Spiele mit gleichbleibendem Verhältnis der Betriebszeit zur Spielzeit, d. h. der Gesamtdauer von Einschaltzeit und Pause, ergibt sich nach Abb. 7 ein Temperaturanstieg, der sich asymptotisch der zulässigen Grenzerwärmung nähert. In der Abbildung ist die Einschaltzeit gleich einem Viertel der Spielzeit. Im Endzustande steigt dann während der Einschaltzeit die Erwärmung bis zum Grenzwert a; während der folgenden Pause fällt sie wieder auf die Ausgangstemperatur. In diesem Zustande tritt ein Gleichgewicht derart ein, daß der Motor während der Einschaltzeit ebensoviel Wärme aufnimmt, als er während der folgenden Pause abgibt. Je größer also das Wärmeabgabevermögen eines Motors ist, um so größer ist seine Belastbarkeit im aussetzenden Betrieb. Wird dagegen die Leistung nach der Zeit bemessen, so spielt die Wärmespeicherfähigkeit die Hauptrolle. Das Wärmeabgabevermögen hängt hauptsächlich von drei Größen ab: vom Bau des Motors, ob offen oder geschlossen; von der Dauer des Betriebes mit voller Drehzahl und deren Verhältnis zur Beschleunigungs- und Verzögerungszeit; endlich von der Größe des Motors. Der offene Motor kann die Wärme leichter an die Umgebung abgeben als der geschlossene. Je länger der Motor mit voller Drehzahl läuft, um so mehr wirkt sich der kühlende Einfluß der Lüftung aus, um so mehr tritt auch die geringere Lüftung während der Beschleunigungszeit zurück. Die Größe des Motors spielt insofern eine Rolle, als die Leistung, mithin auch annähernd die Verlustwärme, mit der dritten Potenz der linearen Abmessungen wächst, die kühlende Oberfläche dagegen nur mit der zweiten.

Nach eingehenden Beratungen in den zuständigen Kommissionen hat dann der Verband Deutscher Elektrotechniker in der dritten Fassung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen" (R.E.M. 1923), gültig vom 1. Januar 1924 ab, den Begriff relative Einschaltdauer neu und den aussetzenden Betrieb (AB) wieder eingeführt. § 30 sagt über den aussetzenden Betrieb:

> Einschaltzeiten und stromlose Pausen wechseln ab, und die gesamte Spieldauer, die sich aus Einschaltdauer und stromloser Pause zusammensetzt, beträgt höchstens 10 min.
>
> Der aussetzende Betrieb wird durch die relative Einschaltdauer gekennzeichnet. Relative Einschaltdauer ist das Verhältnis von Einschaltdauer zur Spieldauer.
>
> Als normale Werte der relativen Einschaltdauer gelten 15, 25, 40 %.
>
> Die Nennleistung (Aussetzleistung) muß bei regelmäßigem Spiel mit der angegebenen relativen Einschaltdauer beliebig lange abgegeben werden können. Temperatur und Erwärmung dürfen hierbei die in § 39 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten. Dabei müssen alle anderen Bestimmungen erfüllt sein.
>
> Bei unregelmäßig verteilter Einschalt- und Spieldauer ist als relative Einschaltdauer das Verhältnis der Summe der Einschaltdauern zur Summe der Spieldauern über eine Betriebsperiode (jedoch höchstens 8 Stunden) zu betrachten. Wiederholen sich gleichartige Spiele nach einer bestimmten Zeit, so genügt die Summierung über diese Zeit.
>
> Der aussetzende Betrieb ist meistens auch noch hinsichtlich der Belastung des Motors unregelmäßig. Bei Wahl der Motorgrößen müssen die Einflüsse der wechselnden Drehmomente, der Massenbeschleunigung, der Steuerung und etwaiger Wärmebestrahlung berücksichtigt werden.

Erst durch die Einführung der relativen Einschaltdauer war es möglich, die Bewertung eines Motors für aussetzenden Betrieb der tatsächlich auftretenden Beanspruchung hinreichend anzupassen. Als Ausgangspunkt der Planung hat dann Schiebeler vier Richtwerte aufgestellt: relative Einschaltdauer, relative Last, Beschleunigungsarbeit und Schalthäufigkeit[4]). Diese Richtwerte bringen die elektrische Belastbarkeit in eindeutige Beziehungen zu den mechanischen Arbeitsbedingungen der Hebezeugtriebwerke.

[4]) C. Schiebeler: Elektromotoren für aussetzenden Betrieb und Planung von Hebezeugantrieben, Leipzig: S. Hirzel 1926.

(Schluß folgt.)

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Ausschuß für Bergwerksanlagen.

(Schluß von S. 958.)

H. Lokomotivförderung.

§ 23.

Fahrleitung und Zubehör.

a) Als genormte Betriebsspannungen gelten 220, 440, 550 und 750 V.

b) Wechselstrom ist nur noch bei Umlegung oder Erweiterung bestehender Wechselstrom-Bahnanlagen zulässig.

c) Die Höhe der Fahrleitung über Schienenoberkante muß betragen:

mindestens 1,8 m bei Betriebsspannungen bis 220 V,
mindestens 2,2 m bei Betriebsspanuungen über 220 bis 550 V und bei Umlegungen oder Erweiterungen von Wechselstrom-Bahnanlagen,
mindestens 2,5 m bei Betriebsspannungen über 750 V.

d) Der Mindestquerschnitt für Fahrdrähte ist 50 mm². Die Normalquerschnitte der Fahrdrähte aus Kupfer nach DIN VDE 3140 und 3141 sind 50, 65, 80 und 100 mm².

e) Die Fahrdrähte müssen seitlich von inneren Ausbauteilen, Rohrleitungen, Kabeln und Signalleitungen bei Bügelstromabnehmern einen Abstand haben, der 100 mm größer ist als die nutzbare Schleifbreite des Bügelstromabnehmers. Der Abstand muß jedoch mindestens 0,4 m betragen.

Dies gilt nicht bei Verwendung von Rollen- und Walzenstromabnehmern.

f) Fahrleitungen müssen an keramischen Porzellanisolatoren verlegt sein.

Aufhänge- oder Abspanndrähte jeder Art müssen gegen den Fahrdraht isoliert sein.

Als Querverbindungen, die zum Spannungsausgleich zwischen den Fahrdrähten dienen, dürfen blanke Leitungen nicht verwendet werden.

Gummiaderleitungen müssen wetterfest sein.

g) Bei Verwendung von Lokomotiven mit mehr als einem Schleifbügel oder mehr als einer Rolle oder Walze müssen am Ende des Fahrdrahtes Vorkehrungen getroffen sein, die verhindern, daß bei einem Überfahren des Endpunktes der Streckenausbau oder das Gebirge unter Spannung gesetzt wird.

h) Streckentrennschalter sind mindestens alle 500 m und an Abzweigstellen zu Nebenstrecken, deren Länge größer als 100 m ist, einzubauen. Die Schaltstellung muß von außen erkennbar sein. Die Anzeigevorrichtung muß so beschaffen sein, daß in der „Aus"-Stellung die Öffnung des Schalters gewährleistet ist. Die Streckentrennung ist so auszuführen, daß eine Überbrückung durch die Stromabnehmer der Lokomotive ausgeschlossen ist.

i) Bei Fahrleitungsanlagen, die von mehreren voneinander unabhängigen Speiseleitungen gespeist werden, muß in jeder Speiseleitung ein Überstrom-Selbstschalter liegen.

k) Speiseleitungen müssen von der Stromquelle und an den Speisepunkten von dem Fahrdraht abtrennbar sein. Die Abtrennbarkeit am Speisepunkt ist nicht erforderlich, wenn durch Streckenunterbrechung dafür gesorgt ist, daß mit der Speiseleitung gleichzeitig der zugehörende Teil des Fahrdrahtes spannungsfrei wird.

l) Wenn die Gleise als Rückleitung dienen, müssen die Schienenstöße in beiden Schienensträngen gut leitend verbunden und in Abständen von höchstens 100 m gut leitende Querverbindungen zwischen den Schienen eingebaut werden. Die Schienenstöße sind derart zu überbrücken, daß der Widerstand in der Überbrückung nicht größer als der Widerstand einer Schienenlänge ist.

Weichen, Schienenkreuzungen u. dgl. sind gut leitend zu überbrücken.

m) An Verschiebe-, Kreuzungs- und Zugangsstellen sind gut sichtbare Warnungszeichen anzubringen.

§ 24.

Lokomotiven.

Die Vorschriften des § 24 gelten auch für die elektrischen Einrichtungen nicht elektrisch angetriebener Lokomotiven.

a) Bei Fahrschaltern und Stromabnehmern ist Holz als Isolierstoff zulässig. Bei schlagwettergeschützten Fahrschaltern darf Holz als Isolierstoff nur innerhalb von druckfesten oder Plattenschutzkapselungen verwendet werden.

b) Bei Verwendung von Bügeln muß die nutzbare Schleifbreite mindestens 300 m betragen. Die Bügel müssen sich bei Fahrtrichtungswechsel selbsttätig umlegen.

c) Unter Spannung stehende Teile der Stromabnehmer sind bis zu dem Schleifstück und seiner Lagerung gegen zufällige Berührung zu schützen.

d) Stromabnehmer müssen vom Führersitz aus gefahrlos abgezogen und im abgezogenen Zustand befestigt werden können.

e) In Strecken, in denen das Auftreten von Schlagwettern nicht ausgeschlossen ist, müssen Lokomotiven mit mindestens zwei, in einem Mittelabstand von mindestens 300 mm angebrachten Schleifbügeln ausgerüstet sein. Rollen- und Walzenstromabnehmer sind nicht zulässig.

f) Zwischen den Stromabnehmern und den übrigen elektrischen Einrichtungen der Lokomotiven ist eine Trennstelle — Schalter, Trennschalter oder Trennsicherungen — anzuordnen. Die Beleuchtung darf durch die Trennstelle nicht unterbrochen werden.

g) Fahrdrahtlokomotiven müssen Schalter zum Kurzschließen haben, bei deren Betätigung entweder die Strecken durch Herausfallen der Überstrom-Selbstschalter spannungslos werden oder der Spannungsabfall des Fahrdrahtes bis zur Kurzschlußstelle so groß wird, daß die dort vorhandene Spannung für Menschen ungefährlich ist.

h) Die Handhaben der Fahrschalter sind so anzuordnen, daß das Abnehmen nur in der Nullstellung erfolgen kann.

i) Lokomotiven für Fahrdraht- und Akkumulatorenspeisung (Verbundlokomotiven) müssen in der Zuleitung von den Stromabnehmern einen selbsttätig wirkenden Schalter haben, der verhütet, daß die Stromabnehmer Rückspannung von den Akkumulatoren bekommen, wenn die Fahrdrahtspannung ausbleibt oder wenn die Stromabnehmer vom Fahrdraht abgleiten oder abgezogen werden.

Bei Verbundlokomotiven, bei denen die Ladung der Akkumulatoren vom Fahrdraht aus erfolgt, muß die Leitung durch eine selbsttätig wirkende Einrichtung vor Beginn der Gasung in den Akkumulatorzellen unterbrochen werden.

k) Die Fahrstromleitungen sind durch Überstromschutzeinrichtungen zu sichern.

Die Sicherungen von Kupferleitungen auf den Lokomotiven sind nach Tafel VI auszuwählen.

Tafel VI.

1 Querschnitt mm²	2 Nennstromstärke der Sicherung A	1 Querschnitt mm²	2 Nennstromstärke der Sicherung A
4	25	35	125
6	35	50	160
10	60	70	200
16	80	95	225
25	100	120	260

Digitized by Google

l) Erdungsleitungen und vom Fahrstrom unabhängige Bremsstromleitungen dürfen keine Sicherungen enthalten; sie dürfen nur im Fahrschalter abschaltbar sein.

m) Bremsstromleitungen sind mindestens in gleicher Stärke wie die Fahrstromleitungen zu wählen.

n) Isolierte Leitungen müssen sicher befestigt und so geführt werden, daß ihre Isolation nicht durch Öl, Fett, Säure, Lauge oder die Wärme benachbarter Widerstände gefährdet wird.

Nebeneinander verlaufende isolierte Fahrstromleitungen müssen entweder zu Mehrfachleitungen in einer gemeinsamen Schutzhülle derart zusammengefaßt werden, daß ein Verschieben und Reiben der Einzelleitungen vermieden wird, oder sie sind getrennt zu verlegen und an Stellen, an denen sie Wände durchsetzen, durch Isoliermittel so zu schützen, daß sie sich an diesen Stellen nicht durchscheuern können.

o) In schlagwettergeschützten Lokomotiven sind normale Gummiaderleitungen NGA unzulässig.

§ 25.

Anlagen für regelmäßige Beförderung der Belegschaft in Fahrdrahtstrecken.

a) Die Ein- und Aussteigestellen müssen ausreichend beleuchtet sein.

b) An den Ein- und Aussteigestellen müssen die Fahrdrähte durch einen Schalter spannungslos gemacht werden können. Mit dem Schalter sind rote und grüne, mit Signalen nicht zu verwechselnde Leuchtzeichen als Warnungseinrichtungen derart zu verbinden, daß bei Spannung führenden Fahrdrähten die roten, bei spannungsfreien Fahrdrähten die grünen Zeichen aufleuchten. Von jeder Stelle des Zuges aus muß mindestens je ein Leuchtzeichen gut sichtbar sein.

J. Schießbetrieb im Anschluß an Starkstromanlagen.

(Die Bestimmungen gelten nicht für Schießbetrieb mit Zündmaschinen als Stromquelle.)

§ 26.

a) Zum Schießen dürfen nur Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde verwendet werden.

b) Der Anschluß der Schießleitung an eine Starkstromleitung darf nur durch einen allpoligen, unter Verschluß stehenden Schalter erfolgen. Zur Erhöhung der Sicherheit ist stets noch eine zweite, ebenfalls unter Verschluß stehende Unterbrechungsstelle zwischen Schalter und Schießleitung anzuordnen. Eine der beiden Unterbrechungsstellen muß so eingerichtet sein, daß ein Verharren im eingeschalteten Zustand ausgeschlossen ist.

c) Schießleitungen müssen VDE 0250 entsprechen.

d) Im Abteufbetrieb sind als Schießleitungen nur mit 5-facher Sicherheit selbsttragende Leitungen zulässig.

e) Anderen Zwecken dienende Leitungen dürfen nicht als Schießleitung benutzt werden. Die Schießleitung darf nicht mit anderen Leitungen zu einer Mehrfachleitung vereinigt werden.

IV. Zusatzbestimmungen für Grubenräume besonderer Art.

§ 27.

Elektrische Betriebsräume.

a) Entgegen § 5 a) kann von dem Schutz gegen Berührung nicht mit Isolierstoff bedeckter, unter Spannung stehender Teile insoweit abgesehen werden, als dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist.

b) Abweichend von § 5 a) ist für die mit Isolierstoff bedeckten, Spannung führenden Teile bei Betriebsspannungen von 1000 V und darüber nur ein Schutz gegen zufällige Berührung erforderlich.

§ 28.

Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.

a) Der Verschluß der Räume muß so eingerichtet sein, daß der Zutritt nur berufenen Personen möglich ist.

b) Entgegen § 5 a) kann von dem Schutz gegen Berührung unter Spannung stehender Teile insoweit abgesehen werden, als dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist.

§ 29.

Schlagwettergefährdete Grubenräume (siehe auch §§ 20 und 24).

a) Die nach schlagwettergefährdeten Grubenräumen führenden Leitungen müssen von nicht schlagwettergefährdeten Stellen aus allpolig abschaltbar sein.

b) Elektrische Betriebsmittel mit Ausnahme der Kabel und Leitungen müssen VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte V.S.S." entsprechen und von einer behördlich anerkannten Versuchsstrecke als schlagwettergeschützt bescheinigt und von der Bergbehörde zugelassen sein. Sie müssen mit dem Zeichen (Sch) und der genauen Typenbezeichnung versehen sein, die deutlich sichtbar anzubringen sind.

c) Isolierte Wicklungen von Maschinen, Transformatoren und Wechselstrom-Hubmagneten nach § 8 a), Ziffer 2, und Widerstandselemente nach § 14 a) bis c) von VDE 0170/1933 müssen durch Schutzeinrichtungen (z. B. Motorschutzschalter, Wärmewächter) gegen Überschreiten der zulässigen Erwärmung der Wicklungen infolge von Überlastung gesichert werden. Diese Schutzeinrichtungen müssen so eingebaut oder angeordnet werden, daß ihre für einen gefahrlosen Betrieb wesentlichen Eigenschaften gewahrt bleiben.

Rutschen, Bandrollen, Schräm- und Bohrmaschinen, Luttenlüfter, Seiger- und Schrägförderer und elektrische Betriebsmittel, deren Stromaufnahme bei Nennleistung so gering ist, daß sie nicht durch Stromsicherungen gegen Überlastung geschützt werden können, dürfen nur in druckfester Kapselung verwendet werden.

Ausgenommen hiervon sind Betriebsmittel, die sich im Dauerkurzschluß nicht unzulässig erwärmen (z. B. Schutztransformatoren nach § 21 von VDE 0550/1936 „Vorschriften für Bau und Prüfung von Schutz-, Netzfernmelde- und sonstigen Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung").

d) Kurzschlußläufermotoren, die nicht nach §§ 5 oder 6 von VDE 0170/1933 gekapselt sind, müssen Motorschutzschalter nach VDE 0665 vorgeschaltet werden, die vom Anlaufstrom des Motors — bei Nennspannung und Nennfrequenz in Betriebsschaltung festgebremster Läufer — innerhalb 10 s betätigt werden.

e) Bei Betriebsspannungen unter 1000 V sind — zusätzlich zu den Vorschriften des § 12 b) — in der Zuleitung zu fernbetätigten Schaltgeräten und Motorschutzschaltern in unmittelbarer Nähe der Schalter Trennschalter mit von außen erkennbarer Schaltstellung anzubringen, mit denen sowohl die Haupt- als auch die Steuerleitungen abgeschaltet werden können.

Für zwei oder mehr zu einer Betriebseinheit gehörende Leistungsschalter genügt ein gemeinsamer Trennschalter.

f) Bei Anlaß- und Steuergeräten, die nach § 7 von VDE 0170/1933 (Ölkapselung) gebaut sind, müssen Maßnahmen gegen das Auftreten zu hoher Schaltbeanspruchungen getroffen werden.

g) Selbstschalter, deren Schlagwetterschutz auf Ölkapselung beruht, dürfen nur an nicht feuergefährdeten Orten aufgestellt werden.

Bei ortsveränderlichen Betriebsmitteln ist Ölkapselung als Schlagwetterschutz unzulässig.

h) Nur Steckvorrichtungen dürfen verwendet werden, bei denen das Einstecken und Ausziehen des Steckers unter Leistung nicht vorgenommen werden kann.

i) Bei Gleichstrom sind nur Leuchten zulässig, bei denen besondere Vorrichtungen gegen ein selbsttätiges Lockern der Glühlampe verwendet oder Maßnahmen gegen die anderenfalls auftretenden Gefahren getroffen sind.

Mit Gleichstrom betriebene Beleuchtungsstromkreise, die höher als mit 6 A gesichert sind, müssen gegen Überströme und Kurzschlüsse durch unverzögert ansprechende Stromsicherungen geschützt werden.

k) Für ortsveränderliche Beleuchtungsanlagen dürfen nur Glühlampen verwendet werden, deren Glühfaden gegen Erschütterungen weitgehend unempfindlich ist (stoßfeste Glühlampen).

Schalter für Beleuchtungsstromkreise müssen diese allpolig abschalten.

l) Unisolierte, Spannung führende Teile elektrischer Betriebsmittel, die nicht als selbständige Einheiten nach

Digitized by Google

§ 9 a) von VDE 0170/1933 gebaut sind, müssen durch Einbau in besondere Gehäuse oder durch allseitige Abdeckungen so geschützt werden, daß sie für Unbefugte unzugänglich und Störungen durch Fremdkörper (z. B. infolge Steinfalles), durch Tropfwasser und Schmutz sowie durch Niederschlag von Feuchtigkeit nicht ausgesetzt sind. Die Beseitigung des Schutzes darf nur mit besonderen Hilfsmitteln möglich sein.

m) Meßgeräte sowie zugehörende Stromwandler und Nebenwiderstände müssen in allen ihren Teilen den an ihrem Verwendungsort zu erwartenden thermischen und dynamischen Kurzschlußbeanspruchungen gewachsen sein.

Meßgeräte, die in den Bescheinigungen einer behördlich anerkannten Versuchsstrecke nur im Zusammenhang mit besonderen Schutzwandlern oder Schutzwiderständen als „schlagwettergeschützt" bezeichnet sind, dürfen nur mit den zugehörenden und als solche gekennzeichneten Wandlern und Widerständen betrieben werden:

§ 30.

Explosionsgefährdete Grubenräume.

a) In Grubenräumen, in denen andere explosible Gase oder Dämpfe als Schlagwetter auftreten, gilt § 29, sofern nicht von der Bergbehörde besondere Bestimmungen getroffen werden.

b) In Sprengstofflagerräumen sind außer ortsfester elektrischer Beleuchtung nach §§ 22 und 23 von VDE 0170/1933 andere elektrische Betriebsmittel unzulässig. Schalter und Sicherungen sind außerhalb dieser Räume anzuordnen.

V. Fernmeldeanlagen.

§ 31.

Jede Fernmeldeanlage ist durch mindestens eine Stromsicherung gegen Kurzschluß zu sichern. Hiervon darf abgesehen werden bei Verwendung von Transformatoren für Fernmeldeanlagen nach VDE 0550.

A. Fernmeldeanlagen mit Betriebsspannungen bis 60 V.

§ 32.

a) Bei mittelbarem Netzanschluß oder Speisung aus besonderen Stromquellen sind Leitungen nach VDE 0810/1928 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen V.F.L.", §§ 11 bis 21, zulässig.

b) Blanke Leitungen sind nur zulässig in nicht schlagwettergefährdeten Grubenräumen und bei Betriebsspannungen bis 24 V.

Die Spannung darf bei Nennlast 24 V und im Leerlauf 30 V nicht überschreiten.

Schutztransformatoren dürfen Anzapfungen für eine höhere Spannung als 24 V nicht erhalten.

Bei Verwendung von Gleichstrom-Generatoren muß die Drehzahl der Antriebsmaschine begrenzt sein oder anderweitig verhindert werden, daß eine höhere Spannung als 30 V im Leerlauf auftritt.

c) Die Vorschriften VDE 0800 „Vorschriften und Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen V.E.F." sind sinngemäß anzuwenden.

B. Fernmeldeanlagen mit Betriebsspannungen über 60 V.

§ 33.

Leitungen.

a) Es sind nur Leitungen nach § 20 zulässig.

b) Kabel für Streckensignalanlagen dürfen auch Fernsprechadern enthalten.

§ 34.

Geräte.

a) Nur solche Fernmeldegeräte dürfen verwendet werden, die VDE 0804 „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Netzstrom führenden Fernmeldegeräten V. F. G. N." entsprechend gebaut sind.

b) Bei allen Geräten müssen die Anschlußklemmen bezeichnet werden, wenn durch Verwechselung der anzuschließenden Leitungen eine Störung des Betriebes zu befürchten ist.

c) Bei den Streckensignalanlagen, bei denen die Betätigung durch Seilzug erfolgt, sind die Geräte in solchen Abständen anzubringen, daß von jeder Stelle aus eine sichere Betätigung möglich ist.

C. Schachtsignalanlagen.

§ 35.

a) In Schachtsignalanlagen dürfen nur solche Geräte angeschlossen werden, die VDE 0804 entsprechen.

Die Stromquellen dürfen keine elektrisch leitende Verbindung mit einem Starkstromnetz haben.

Die Schachtsignalanlage jeder Förderung muß durch eine gesonderte Stromquelle gespeist werden, an die keine anderen Stromverbraucher angeschlossen sein dürfen.

b) Im Schacht dürfen als Leitungen nur bewehrte Bleikabel verwendet werden.

Signalleitungen mehrerer Förderungen dürfen nicht in einem gemeinsamen Bleikabel geführt werden.

An das Bleikabel einer Schachtsignalanlage darf außer dieser nur noch die Fernsprechanlage der zugehörenden Förderung angeschlossen werden, wobei durch Wahl einer anderen Stromart oder Spannung oder auf andere Weise jede Beeinflussung der Schachtsignalanlage unmöglich gemacht werden muß.

c) Fördermaschinen-Sperreinrichtungen, die durch Schachttore oder durch die Schachtsignalanlage beeinflußt werden und die Notbeleuchtungslampe im Fördermaschinenraum dürfen an die Stromquelle der zugehörenden Signalanlage angeschlossen werden.

Zum selbsttätigen Einschalten der Notbeleuchtungslampen beim Ausbleiben der Netzspannung dürfen nur Relais verwendet werden, durch die ein Übertritt der Netzspannung in die Signalanlage ausgeschlossen ist.

d) Im Fördermaschinenraum ist eine Vorrichtung anzubringen, die das Ausbleiben der Signalspannung deutlich anzeigt.

Die Signalanlagen müssen auch bei Sinken der Spannung bis auf 90 % des Nennwertes noch zuverlässig arbeiten.

e) Bei Schächten mit mehreren Förderungen muß für jede Seilfahrtsanlage neben der hörbaren Signalvorrichtung auch eine sichtbare Signalvorrichtung vorhanden sein.

f) Signalvorrichtungen sind so einzurichten, daß das Signal auch an der Abgabestelle wahrgenommen wird.

g) Hörsignale müssen sich von den in anderen Trumen des gleichen Schachtes verwendeten Signalen durch Klang so wesentlich unterscheiden, daß eine Verwechselung ausgeschlossen ist.

h) Die Bestimmungen des § 35 gelten nicht für Stapelschächte ohne Seilfahrt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein e. V.

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Bericht über die Aussprache

zu den am 14. Januar 1936 in der Fachversammlung der

Fachgruppe „Hochspannungsgeräte"

gehaltenen 3 Vorträgen der Herren E. Krohne VDE, F. Klostermann, W. Estorff VDE über Leistungstrennschalter[1]).

Vorsitz: Fachgruppenleiter Chefelektriker Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

Vorsitzender: Bevor ich die Aussprache über die in der Ankündigung des Vortragsabends mitgeteilten Fragen eröffne, frage ich, ob noch jemand irgendwelche Bemerkungen zu den Vorträgen selbst zu machen hat.

Herr **Graul:** Das Sachsenwerk hat einen ölarmen Leistungstrennschalter (Abb. 1) auf den Markt gebracht, der besonders zum Schalten von Phasenschieber-Kondensatoren eingerichtet ist. Er ist entsprechend dem Verwendungszweck zum Schutze der Kondensatoren und der Netzisolation mit Vorwiderständen ausgerüstet, die unter der Löschkammer angebracht sind. Die Vorkontakte sind in die Kammer eingeführt. Der Schaltstift, der zur Erzielung der Strömungswirkung am unteren Teil hohl ist, ragt oben

[1]) Die 3 Vorträge sind auszugsweise in diesem Heft auf den Seiten 961 bis 967 wiedergegeben.

Digitized by Google

im ausgeschalteten Zustand in einen Kontakt, an den Entladungs- und Erdungswiderstände angeschlossen werden. Das Einschalten kann von Hand erfolgen, da wir Ölfüllung verwenden. Beim Einschalten bewegen sich die Kontaktstifte von oben nach unten, dadurch wird die Batterie von den Entladungswiderständen getrennt. Die Stifte kommen in die Vorkontakte. Die Kondensatoren werden über die Vorschaltwiderstände geschaltet, und schließlich werden die Hauptkontakte unmittelbar ans Netz gelegt. Der

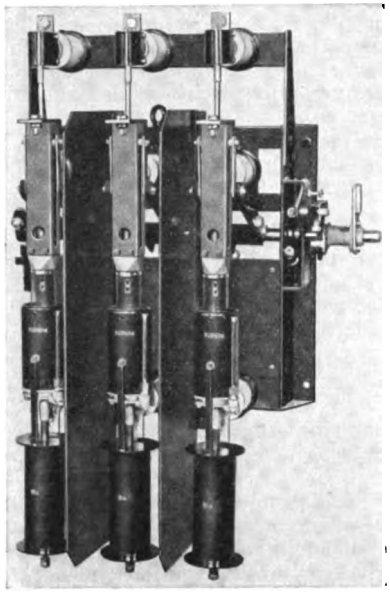
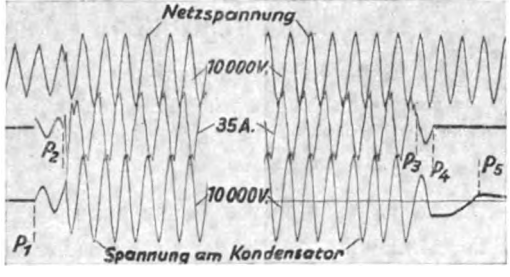


Abb. 1. Ölarmer Leistungstrennschalter.

Abstand zwischen Vor- und Hauptkontakt ist so reichlich gewählt, daß die dämpfende Wirkung der Vorwiderstände in 1 und 2 Halbwellen voll zur Geltung kommt.

Das Sachsenwerk hat mit diesem Schalter eingehende Versuche durchgeführt. Sie sehen in Abb. 2 einen Ein- und Ausschaltvorgang an einer einzelnen Kondensatorbatterie von 600 kVA. Die Batterie wurde auf das Netz eingeschaltet und vom Netz abgetrennt. Auf der linken Seite des Bildes ist der Einschaltvorgang und auf der rech-



Einschalten Ausschalten

Abb. 2. Schalten einer Kondensatorbatterie mit dem Schalter Abb. 1.

ten Seite der Ausschaltvorgang aufgezeichnet. Im Zeitpunkt P_1 wird die Vorstufe eingeschaltet und ist etwa 2 HW. stromdurchflossen bis zum Zeitpunkt P_2, in welchem sie durch die Hauptkontakte überbrückt wird. Man erkennt, daß Strom und Spannung am Kondensator durch den Vorwiderstand während des Zeitabschnittes P_1P_2 etwa auf die halben Betriebswerte gebracht werden. Im Punkt P_3 wird beim Ausschalten die Vorstufe wieder eingeschaltet bis zum Punkt P_4, in welchem dann die Unterbrechung des Stromes bei seinem natürlichen Nulldurchgang ohne Rückzündung erfolgt. Im Zeitpunkt P_5 verbinden die Schaltstifte selbsttätig den Kondensator mit den Entlade- und Erdungswiderständen, so daß nunmehr seine Entladung und Erdung stattfindet. Da wir die Spannung über Spannungswandler messen mußten und nicht mit Kathodenstrahloszillographen aufgenommen haben, ist schon vorzeitig eine Entladung über den Spannungswandler selbst aufgetreten.

Wir haben u. a. auch die Batterie in zwei Gruppen von je 300 kVA geteilt. Während die eine Gruppe am Netz angeschlossen war, wurde mit der anderen Gruppe mit dem Vorstufenschalter zu- und abgeschaltet. Das vorgeführte Oszillogramm zeigt wieder, daß die Vorkontakte reichlich 1½ HW. eingeschaltet waren und auch hier die Stromunterbrechung im natürlichen Nulldurchgang erfolgte. Der Schalter verhielt sich bei allen Versuchen so, als ob er stromlos geschaltet würde. Wir haben vergleichsweise auch Versuche ohne Vorstufenwiderstände durchgeführt und haben dabei Überschläge an der Zuleitung zu der Stammbatterie beobachtet, die an dieser Stelle einen Abstand von 12 cm hatte, desgleichen auch an einem Stützer Reihe 10, und zwar in einer Spannungshöhe von etwa 50 000 V bei einer Netzspannung von 3000 V. Sie ersehen daraus, daß es wohl nötig ist, beim Schalten von Kondensatoren noch Vorwiderstände zu verwenden, mindestens dann, wenn man Kondensatorsätze zu anderen parallel zu- oder abschaltet.

(Beifall.)

Herr **Seidel**: Die HABEGE hat die Leistungstrennschalter in letzter Zeit noch weiter entwickelt und ist zu recht guten Ergebnissen gekommen. Wir haben sogar einen Schalter für Reihe 45 ausgeführt. Der Aufbau des Schalters unterscheidet sich grundsätzlich von der früheren Ausführung. Dadurch, daß die Löschkammer in der Mitte gefaßt wird, wird die Bauhöhe des Schalters wesentlich herabgedrückt. Außerdem sind Teile eingeschaltet, die ein Auswerfen des Öles vollständig unterbinden. Als schwingender Teil ist Hartpapier verwendet worden, wodurch wir zu kleinen Gewichten und anderseits zu hohen Schaltgeschwindigkeiten kommen. Diese Kombination hat sich als sehr gut herausgestellt. Wir haben diesen Schalter — allerdings für Reihe 20 — auch zum Schalten von Kondensatorbatterien ausgeführt, und zwar haben wir zum Unterschied von anderen Ausführungen die Vorschaltwiderstände gleich in die Kammer eingebaut. Wir haben den Rahmen noch weiter ausgebaut und eine feste Isolatorenreihe aufgesetzt, die gleichzeitig die Entladungswiderstände aufnimmt. Der Schalter ist bei 42 kV Betriebsspannung seit längerer Zeit in Betrieb. Die Verriegelung ist so gewählt, daß die ganzen Gestängeführungen über eine besondere Schaltplatte gehen, und zwar sind die Platten mit anderen Platten so verriegelt, daß man den Schalter in einem bestimmten Zyklus betätigen kann. Er wird verwendet zum Schalten eines Regeltransformators für 6000 kVA.

Wir sind mit dem Leistungstrennschalter zu recht einfachen Schaltanlagen gekommen. Bei den Elektrizitätswerken hat es sich als allgemein üblich durchgesetzt, wenn man vom Einfach- oder Doppelsammelschienensystem ausgeht, über dem Leistungstrennschalter auch Hochleistungssicherungen anzuwenden, und darunter den Leistungstrennschalter und dann den Transformator oder, wenn mit einer Abzweigung zu rechnen ist, Erdungsschalter und Kabelendverschluß.

Vorsitzender: Ich möchte nun die 4. der angekündigten Diskussionsfragen zur Aussprache stellen:

Wie soll der Leistungsschalter künftig in den R.E.H.-Vorschriften berücksichtigt werden?

Ich mache darauf aufmerksam, daß der heutige Abend für eine Aussprache hierüber besonders günstig ist. Die R.E.H.-Kommission ist geschlossen anwesend. Sie ist gespannt, von ihnen zu hören, wie Sie sich zu den neuen Vorschriften stellen.

Herr **Schmitz**: Für die Definition möchte ich vorschlagen, daß das selbsttätige Zuschalten von Leistungstrennschaltern dann zulässig ist, wenn ein weiterer eigentlicher Trennschalter vorgebaut ist. Denn, wie Herr Dr. Estorff gezeigt hat, gibt es viele Fälle, in denen das selbsttätige Zuschalten eines Stromverbrauchers mit Hilfe eines Leistungstrennschalters gewünscht und auch ausgeführt wird. Dann kann man ihm diese Aufgabe nicht nehmen, wenn er dazu in der Lage ist. Ich würde also folgende Fassung vorschlagen:

Leistungstrennschalter dürfen nur dann selbsttätig zugeschaltet werden, wenn ein besonderer Trennschalter vorgeschaltet ist.

Vorsitzender: Zweifellos ist es möglich, ein als Leistungstrennschalter entwickeltes Gerät auch als Leistungsschalter zu verwenden, aber nur dann, wenn ihm ein anderer Trennschalter die Aufgabe des Trennens abnimmt.

Digitized by Google

Ich würde deshalb empfehlen, in solchen Fällen den in den Preislisten als Leistungstrennschalter angegebenen Schalter im Betrieb nur noch als Leistungsschalter zu bezeichnen,

(Zustimmung.)

damit niemand vom Personal in Versuchung geführt wird, sich auf den Leistungstrennschalter hinsichtlich der Trennung zu verlassen.

Herr **Bendmann:** Ich möchte anregen, daß man Hochleistungssicherungen vor den Leistungstrennschaltern so einbaut, daß sie auch als Trennstrecke wirken. Denn es ist sehr häufig, daß Elektrizitätswerke neben dem Leistungstrennschalter noch vorsorglich eine Hochleistungssicherung einbauen, die vielfach so gebaut ist, daß sie auch als Trennstrecke betrachtet werden kann. Diese ausschaltbare Sicherung ist eine vielfach übliche Bauart.

Vorsitzender: Auch diese Frage ist im R.E.H.-Ausschuß eingehend besprochen worden. Man muß bei dieser Anordnung darauf achten, daß die „Trennsicherung" tatsächlich bei herausgenommener Patrone ein Isoliervermögen entsprechend $(3{,}3\,U + 20)$ kV besitzt. Sonst kann man die vorgeschaltete Sicherung nicht als Trennstrecke ansprechen. Halten Sie es für erforderlich, daß an der Definition etwas geändert wird?

Herr **Bendmann:** Nein! Ich will nur vorschlagen, daß man die Sicherung auch als Trennstrecke betrachten kann.

Vorsitzender: Das kann man tun, wenn dieses Gerät die Bestimmungen für Trennschalter vollkommen erfüllt. Sie werden daher auch in den neuen R.E.H.-Vorschriften einen entsprechenden Vermerk für die Trennsicherungen finden.

Wünscht noch jemand das Wort zu dieser Diskussionsfrage? — Das ist nicht der Fall. Ich darf feststellen, daß die R.E.H.-Kommission sehr erfreut darüber ist, daß Sie den vorgeschlagenen Bestimmungen so weitgehend zustimmen. Wir brauchen also wohl nicht mit einem allzu großen Einspruchsmaterial zu rechnen. Die vorgeschlagenen Bestimmungen werden wir in der ETZ veröffentlichen.

Ich möchte nun die ersten drei Fragen zur Aussprache stellen:

1. Wann ist durch Einführung der Leistungstrennschalter eine Vereinfachung der Schaltanlage möglich?
2. In welcher Reihenfolge müssen Leistungstrennschalter und zugehörige Sicherungen angeordnet werden?
3. Ist es ratsam, Leistungstrennschalter nur für die Unterbrechung des Betriebsstromes zu entwickeln?

Herr **Calliess:** Ich glaube, die Begriffe sind heute etwas durcheinandergekommen. Herr Dr. Estorff hat uns heute Leistungstrennschalter gezeigt, die etwa 600 000 bis 700 000 kVA abschalten. Das sind keine Leistungstrennschalter mehr. M. E. sollte man als Leistungstrennschalter kleine Geräte bezeichnen, die geringe Leistungen abzuschalten haben und die aus Ersparnisgründen an Stelle von Ölschaltern, Expansionsschaltern, Druckluftschaltern usw. eingebaut werden. Ich glaube, die Ausführungen von Herrn Dr. Estorff waren geeignet, eine gewisse Verwirrung in diese Dinge zu bringen. Ich meine, ein Leistungstrennschalter ist ein Trennschalter, der geeignet ist, gewisse Ströme zu schalten, dessen Aufgabe aber nicht ist, größere Leistungen zu schalten. Wenn ein Schalter gebaut wird, um Transformatoren oder längere leerlaufende Kabelstrecken oder Kondensatoren abzuschalten, dann muß das irgendwie gekennzeichnet werden. Wir müssen einen Unterschied machen zwischen Hochleistungsschaltern und kleinen Leistungsschaltern, und das scheint mir nicht genügend klar hervorgetreten zu sein.

Vorsitzender: Die alten R.E.H.-Vorschriften sahen verschiedene Leistungsschalter vor: Hochleistungsschalter, Mittelleistungsschalter, Ausläuferschalter usw. Eine Abgrenzung des Bereichs dieser verschiedenen Leistungsschalter ist aber nicht einfach, da die Grenzen sehr stark ineinandergreifen. Wir haben in ähnlicher Richtung auch lange Untersuchungen angestellt, leider ohne Erfolg. Zum Schluß sagten wir uns: Warum sollen wir einen Leistungstrennschalter in seinem Schaltvermögen begrenzen? Wenn ein Schalter seine Aufgabe als Leistungsschalter beispielsweise für 1 000 000 kVA und gleichzeitig die strengen Bedingungen der Trennschalter erfüllt, dann sollen wir ihn auch „Leistungstrennschalter" taufen.

(Zustimmung.)

Natürlich ist hier eine gewisse Umstellung erforderlich. Bisher ist die Entwicklung in erster Linie für Leistungstrennschalter kleiner Spannung und kleiner Schaltleistung vorwärtsgetrieben worden. Aber späterhin sind, wie Herr Dr. Estorff gezeigt hat, ganz andere Bauarten großer Leistung aufgekommen, die gleichzeitig die Trennbedingungen erfüllten. Wir sahen keinen Grund, einem solchen Gerät den Ehrenbegriff „Trennschalter" nicht zuzuerkennen. Sie haben sehr starken Beifall erteilt. Ich möchte daher annehmen, daß wir auf dem richtigen Wege sind.

Herr **Sihler:** Herr Dr. Krohne hat in der Definition das Wort Leistungstrennschalter ganz eindeutig mit der Sicherheit des Personals in Zusammenhang gebracht, und zwar durch den Ausdruck: selbsttätiges und willkürliches Aus- bzw. Einschalten. Das läßt sich m. E. mit den Ausführungen von Herrn Calliess gut verbinden, indem man sagt: Ein Leistungstrennschalter ist mit dadurch gekennzeichnet, daß er als solcher nicht während des Betriebes herausgenommen werden kann; denn er trägt die Lufttrennstelle, die zwar R.E.H.-mäßig den richtigen Abstand haben kann, in sich; er trägt aber die Trennstelle vollkommen fest mit dem Gerät verbunden; wohingegen die anderen Geräte, die Herr Dr. Estorff gezeigt hat, insbesondere das Gerät, das es ermöglicht, die Anlage so außerordentlich zu verkleinern, ohne weiteres aus der Anlage entfernt werden können, und zwar so, als seien zwei besondere Trennschalter vorhanden. Man sollte also einen solchen Trennschalter, der nebenbei noch das Kennzeichen der größeren Leistung hat, nicht unter die Expansionstrennschalter fallen lassen; der Expansionstrennschalter ist ein Gerät, das man nicht während des Betriebs entfernen kann. Der von Herrn Dr. Estorff gezeigte Schalter bietet die Möglichkeit, ihn ohne Gefahr für das Personal für sich herauszunehmen. Soll man die beiden grundverschiedenen Geräte zusammenfassen und unter den gleichen Begriff bringen? Ich halte das als Schaltanlagenkonstrukteur unter Umständen für sehr einengend.

(Beifall.)

Herr **v. Wiarda:** Ich muß gleichzeitig mit Herrn Calliess betonen, daß wir bisher gewohnt waren, den Leistungstrennschalter als ein kleineres Gerät zu betrachten. Die großen Schalter, die Herr Dr. Estorff vorgeführt hat, sind keine Leistungstrennschalter im bisher gewohnten Sinne, sondern Leistungsschalter vereinigt mit Trennschaltern. Ich sehe nicht ein, weshalb wir nicht den Weg gehen sollen, daß wir einfach sagen: Außer den reinen Leistungstrennschaltern gibt es Leistungsschalter, die mit einem Trennschalter vereinigt sind. Unter letztere fallen die von Herrn Dr. Estorff gezeigten großen Schalter, die wir bisher Leistungstrennschalter nannten, die aber auch in der Lage sind, den an dem Einbauort auftretenden Kurzschlußstrom zu beherrschen. Sie sind also nichts weiter als Leistungsschalter mit einer kleinen Abschaltleistung, aber ausreichend, um den auftretenden Kurzschlußstrom zu beherrschen, entsprechen also voll den Bedingungen, die ein Leistungsschalter erfüllen muß. Wir haben dann als dritte Type den wirklichen Leistungstrennschalter. Das ist der Trennschalter, der nicht mehr den Kurzschlußbeanspruchungen gewachsen ist, sondern nur die Aufgabe hat zu trennen, aber gleichzeitig eine gewisse Last abzuschalten. Er wurde besonders in Ring- und auch vermaschten Strahlennetzen gebraucht, wo er die Aufgabe hat, die auf den Leitungen liegende Last zusammenzuschalten, zu trennen, umzuschalten usw. Er kann unter Umständen auch mit einer Sicherung vereinigt werden, wenn die Abschaltleistung nur von der Sicherung beherrscht wird und der Trennschalter nur die Aufgabe hat, den Transformator oder das Netz unter Last ein- oder auszuschalten.

Wir hätten also folgende Einteilung:

1. die Hochleistungsschalter, die mit Trennschaltern vereinigt werden können;
2. die Mitteltypen: kleine Leistungsschalter, die wie Leistungstrennschalter aussehen und daher mit Trennschaltern vereinigt sind;
3. die kleinen wirklichen Leistungstrennschalter, die allein den Namen Leistungstrennschalter führen sollen.

(Beifall.)

Digitized by Google

Vorsitzender: Ich bin für alle diese Anregungen sehr dankbar und darf wohl im Namen der R.E.H.-Kommission erklären, daß wir sie uns nochmals eingehend durch den Kopf gehen lassen werden. Herr von Wiarda wies darauf hin, daß die Schalter, die Kurzschlußabschaltungen vornehmen können, richtige Leistungsschalter seien und nicht als Leistungstrennschalter bezeichnet werden sollten. Wir haben auch diese Frage in der Kommission besprochen. Sie ist aber doch nicht so einfach; denn was in einer Anlage Betriebsstrom ist, ist in einer anderen Anlage bereits Kurzschlußstrom. Wir haben deshalb sowohl bei den Leistungsschaltern wie bei den Leistungstrennschaltern jede Unterscheidung nach Kurzschlußstrom oder Betriebsstrom wegfallen lassen (Zustimmung) und haben alle Schalter als Leistungsschalter bezeichnet, die einen größeren Strom als den Strom Null abschalten.

Herr A.: Der einfache Trennschalter, wie man ihn bisher gewohnt war, war meist so gebaut, daß er nicht von selber zufallen konnte. Wenn er ausgefallen war, stand das Schaltmesser nach unten. Es war unmöglich, daß er sich von selber schloß. Bei den Bauarten, die wir heute sahen, ist diese Sicherheit anscheinend nicht immer gegeben. Es ist hier durchaus möglich, daß durch Abbrechen des Schaltstifts oder konstruktiver Teile oder durch Bruch der Feder usw. ungewollt eine Verbindung wieder geschaffen wird, was sehr unangenehme Folgen haben kann. Vom betrieblichen Standpunkt scheint es doch wohl nötig zu sein, in den Fällen, in denen der Schaltstift oben ist, noch eine besondere Vorsichtsmaßnahme zu treffen, z. B. etwas dazwischen zu legen, damit auch solche Zufälle vermieden werden.

(Zustimmung.)

Vorsitzender: Das ist ein recht beachtlicher Einwand, den wir noch bedenken werden.

Herr B.: Die R.E.H.-Kommission hat in dem neuen Entwurf den Leistungstrennschalter dahin gekennzeichnet, daß er nicht selbsttätig eingeschaltet werden kann. Ich kann mir nicht denken, daß ein großer Leistungsschalter von 1 000 000 kVA, der zufällig ein Trennstück trägt, nicht selbsttätig eingeschaltet werden sollte. Die Schalter müssen doch durch Relais usw. selbsttätig eingeschaltet werden können!

Vorsitzender: Es gibt nur wenige Anlagen, in denen selbsttätig, d. h. durch Relaisanordnungen eingeschaltet wird. Im allgemeinen wird willkürlich eingeschaltet. Das willkürliche Einschalten umfaßt auch die Fernbetätigung. In den wenigen Fällen, wo aber selbsttätig eingeschaltet werden muß, sollten — wie bisher — Leistungsschalter mit vorgeschalteten Trennschaltern verwendet werden.

Wünscht noch jemand das Wort? — Das ist nicht der Fall. — Die Herren Vortragenden verzichten auf das Schlußwort.

Dann bleibt mir nur übrig, mit einem herzlichen Dank an die Herren Vortragenden und Diskussionsredner die Sitzung zu schließen.

(Lebhafter Beifall.)

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Der Geschäftsführer:
Burghoff

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. R. Ritter †.

Im Alter von 54 Jahren ist am 22. 7. Dr.-Ing. E. h. Ernst Richard Ritter VDE, Dipl.-Ing., verstorben, der unermüdliche Vorkämpfer der Elektrowärme. — Am 12. 9. 1882 in Merseburg geboren, besuchte Ritter die Latina zu Halle und von 1900 an die Techn. Hochschulen Darmstadt und Karlsruhe bis zur Diplomprüfung 1905. Ritter war ein Jahr lang Assistent Prof. Teichmüllers und übernahm dann die Leitung des Laboratoriums der Süddeutschen Kabelwerke in Mannheim.

E. R. Ritter †.

Ritters Lebensarbeit galt der Entwicklung und Förderung der häuslichen Elektrowärme. Die Anregung empfing er schon als Schüler auf einer Ausstellung in Halle 1896; die seit 1906 zusammen mit seiner Frau betriebene elektrische Küche ist wohl eine der ersten in Deutschland. Nachdem schon vorher einschlägige Aufsätze erschienen waren, begann Ritter Ende 1908 selbständig mit Vorträgen und Veröffentlichungen und gründete am 1. 4. 1910 die Firma Ritter & Co. Berlin mit den Vertretungen von Voigt & Haeffner, Schanzenbach und Prometheus.

Der Weltkrieg litt Ritter nicht zu Hause, wenn ihm auch der Dienst mit der Waffe versagt blieb; bis 1915 leitete er die Kraftfahrstelle Charleroi und war später beim Kriegsministerium, dann als Chefingenieur des Waffen- und Munitions-Beschaffungsamtes tätig. Er wurde mit dem Eisernen Kreuz am weißen Bande ausgezeichnet.

Mit der Gründung der Firma Scherbius & Ritter, Berlin, nachmals Ritter-Elektro-Wärme, wurde 1920 das Arbeitsfeld wesentlich erweitert durch die Herstellung von Heizkissen und Temperaturreglern. 1924 wurde — wohl als erstes in Deutschland — das elektrische Haus in Wannsee errichtet, eine Stätte neuzeitlicher Haustechnik ebensosehr wie hochstehenden deutschen Familienlebens, die den Freunden aus Stunden ernster gemeinsamer Arbeit und froher Geselligkeit unvergeßlich bleiben wird. Auch in der Rundfunk- und Chiffriertechnik betätigte sich Ritter und dehnte noch 1930 seine Arbeit für Prometheus als Generalbevollmächtigter auf ganz Deutschland aus.

Ritter zählte zu den Gründern der VDE-Kommission für Kochgeräte, war lange stellv. Vorsitzender und gehörte dem heutigen Ausschuß für Elektrowärmegeräte bis zu seinem Tode an. Ebenso war er in einer Reihe anderer Fachverbände maßgebend tätig. Anfangs mit seinen Gedanken und Zielen der Zeit weit vorauseilend, hat er doch den ideellen Erfolg seiner Arbeit erlebt, und seine Pionierarbeit für die deutsche Elektrowärmetechnik fand die verdiente Anerkennung mit der Ehrenpromotion durch die T. H. Karlsruhe 1931; daß Prof. Dr. Teichmüller seinem früheren Schüler und Assistenten die Urkunde gerade am Tage der Silberhochzeit überreichte, bedeutete für Ritter eine schöne Würdigung der selbstlosen und aufopfernden Mitarbeit seiner Frau, von deren Unterstützung seine Erfolge nicht zu trennen sind! — In der letzten Zeit schon schwer leidend, wurde Ritter mitten aus der Arbeit während einer Dienstreise abgerufen. Mit den Angehörigen trauern viele um den zuverlässigen Freund und den genialen Fachgenossen.

Hanns Jung VDE, Berlin.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 14. August 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 27. August 1936** **Heft 35**

Aufbau einer Zentral-Rundfunkanlage für Großbetriebe.

Von **Wilhelm Mörs**, Berlin.

621. 396. 97

Übersicht. An einer ausgeführten Rundfunkanlage soll gezeigt werden, wie in Großbetrieben, in denen die Gefolgschaft bei Kundgebungen in mehreren Werkstätten und Büros versammelt ist, durch zweckmäßige Wahl und Aufstellung der Lautsprecher, Mikrophone, Verstärker und Überwachungseinrichtungen eine gute Übertragungsmöglichkeit zu erzielen ist.

Massenversammlungen und Großkundgebungen wurden erst durch die Entwicklung der Rundfunk-Sende- und Empfangstechnik ermöglicht. Hand in Hand mit dieser Entwicklung wurde der Gemeinschaftsempfang an der Arbeitsstätte Wirklichkeit, nachdem für jeden Betrieb passende Geräte zur Verfügung standen. Das Wesen des Gemeinschaftsempfangs verlangt, daß nicht jeder Schaffende mit seinem eigenen Gerät im eigenen Heim an der Kundgebung teilnimmt, sondern daß sich die Gefolgschaft unter einem Lautsprecher versammelt und so schon rein äußerlich das Gepräge einer Massenkundgebung gegeben ist. Für kleine Betriebe ist die Frage verhältnismäßig leicht zu lösen. Hier beherrschen der Volksempfänger und das DAF-Gerät das Feld. In mittleren Betrieben werden schon stärkere Anlagen nötig, die mit Vorteil ortsveränderlich eingerichtet sind. Eine solche Anlage versorgt im allgemeinen 2 bis 3 Großlautsprecher zu je 20 W. Sie besteht aus einem 20 W-Verstärker, dem ein gewöhnlicher Rundfunkempfänger vorgeschaltet wird. Diese Anlage genügt für Fabrikhallen bis zu einer Größe von rd. 5000 m² oder auch für kleinere Versammlungen unter freiem Himmel, für die dann ein Pilzlautsprecher auf einem passenden Gestell angeschlossen wird.

Schwieriger ist die Frage in Großbetrieben zu lösen. Hier kann man die Versammlungen der gesamten Gefolgschaft unter einem Lautsprecher schwer durchführen, da einerseits kaum eine genügend große Halle zur Verfügung steht und anderseits der An- und Abmarsch die Abwicklung der Übertragung zu sehr in die Länge ziehen würde. Um aber trotzdem den Charakter des Gemeinschaftsempfanges zu wahren, wird eine Anlage benötigt, die, über das ganze Werk verteilt und von einer Zentrale aus geleitet, wenigstens die Belegschaft einzelner Werkstätten und Büros an einem Lautsprecher vereinigt. Eine solche Anlage, bei der fast alle Verwendungsmöglichkeiten in Großbetrieben berücksichtigt sind, wird im folgenden beschrieben.

An Hand des Werksplanes wird zuerst festgelegt, wo überhaupt Lautsprecher aufgestellt werden sollen. Nach Möglichkeit bekommt jede größere Werkstatt nur einen Lautsprecher. Die kleineren Werkstätten werden so zusammengefaßt, daß der Lautsprecher in der jeweils größten angebracht wird. Für die Büros werden die Lautsprecher auf den Verbindungsfluren oder in besonderen Räumen aufgestellt, so daß auch hier den Übertragungen die Gemeinschaftsnote gegeben ist. Zur besseren Übersicht werden, wie Abb. 1 zeigt, sämtliche Abhörstellen in den Werksplan eingezeichnet. An Hand desselben läßt sich dann die günstigste Lage der Zentrale festlegen. Wir sehen, daß für das Werk insgesamt 50 Lautsprecher nötig sind. Entsprechend der Größe der Räume und unter Berücksichtigung der Belegschaftszahl sind folgende Ausmaße festgelegt:

6	Lautsprecher	zu je	20 W	(Werkstätten	mit rd. 10 000 m²	Fläche)
4	„	„ „	10 „	„	„ „ 6 000 „	„)
12	„	„ „	5 „	„	„ „ 2 500 „	„)
28	„	„ „	2 „	(Büros)		
zus. 50	„					

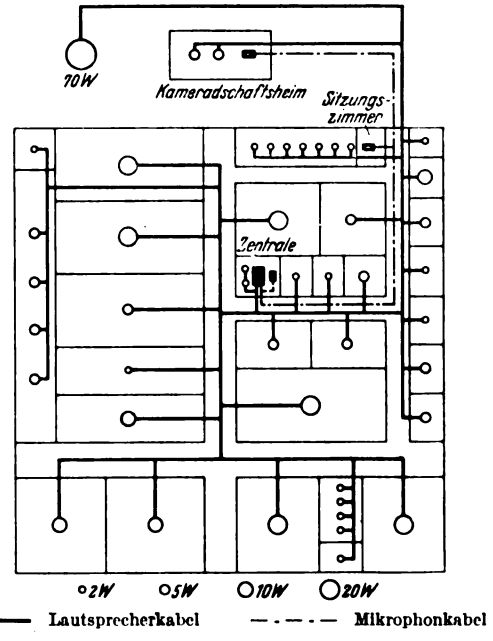


Abb. 1. Lageplan eines Industriewerkes mit eingezeichneten Lautsprechern.

Für den normalen Betrieb der Anlage ist eine Verstärkerleistung von rd. 140 W ausreichend. Da man jedoch für besondere Fälle einen gewissen Kraftüberschuß benötigt, damit auch bei Ausfall eines Verstärkers eine genügend große Leistungsreserve vorhanden ist, wird eine Gesamtleistung von 210 W für ausreichend erachtet.

Größere Verstärker werden im allgemeinen in Wechselstromausführung geliefert. Steht in einem Werk nur Gleichstrom zur Verfügung, so muß der Wechselstrom in einem besonderen Umformersatz erzeugt werden. Die zugehörigen elektrodynamischen Lautsprecher benötigen dagegen Gleichstrom, der bei Fehlen eines geeigneten Anschlusses wiederum aus Wechselstrom mit Hilfe eines Gleichrichters erzeugt werden muß. Hat man, wie es in vielen Betrieben der Fall ist, beide Stromarten zur Verfügung, so werden die Verstärker an das Wechselstrom-

Digitized by Google

netz und die Felderregung der elektrodynamischen Lautsprecher für sich an das Gleichstromnetz angeschlossen.

Statt der elektrodynamischen Lautsprecher können unter gewissen Bedingungen auch dynamische Lautsprecher mit Dauermagnetsystem verwendet werden; dann braucht man keine Gleichstromerregung. Man muß aber berücksichtigen, daß in den weitaus meisten Fällen die Lautsprecher dauernd in den Werkstätten hängen und dort den verschiedenartigsten Einflüssen ausgesetzt sind. Die unzähligen mechanischen Erschütterungen und die wechselnden Kraftlinienfelder von Kabeln und Motoren sind auf jeden Fall für das Magnetsystem schädlich. Über die Lebensdauer von permanentdynamischen Systemen in der hier erforderlichen Größe liegen auch bisher noch nicht genügend Erfahrungen vor. In Betrieben, wo die Luft mit kleinsten Eisenteilchen (Eisenfeilspäne, Schleifstaub usw.) erfüllt ist, besteht außerdem noch die Gefahr der Verschmutzung durch das dauernd vorhandene starke Feld des Dauermagneten, obgleich auch beim volldynamischen Lautsprecher durch den remanenten Magnetismus ein Verschmutzen nicht ganz zu vermeiden ist. Aus diesen Gründen wurden volldynamische Lautsprecher gewählt, und zwar in den Abmessungen von 5 bis 20 W. Für die Büros hingegen sind permanentdynamische Lautsprecher oder auch Freischwinger für eine Normalbelastung bis zu 2 W ausreichend. Die Lautsprecher können je nach der Örtlichkeit als Rund- oder Richtstrahler ausgeführt werden. Scharfe Richtlinien für die Anwendung des einen oder des anderen gibt es nicht. Am besten wird durch Ausprobieren die geeignetste Art festgestellt. Für größere Hallen empfiehlt sich jedoch meistens die Aufhängung eines Rundstrahlers, da dieser eine gleichmäßigere Reichweite hat; bei Behinderung durch Krananlagen, Maschinen usw. werden Richtstrahler genommen. Beim Aufhängen ist stets zu beachten, daß lose Teile nicht mitschwingen dürfen.

Bei großen Verstärkerleistungen wird heute mit Vorteil die sogenannte B-Schaltung verwendet, deren Vorzüge insbesondere auf der wirtschaftlichen Seite liegen, da man gegenüber dem A-Verstärker bei gleicher Ausgangsleistung mit erheblich geringerem Stromverbrauch auskommt und außerdem die Möglichkeit hat, kleinere Verstärkerröhren zu verwenden, so daß sich auch der Röhrensatz billiger stellt. Nachteilig gegenüber dem A-Verstärker ist allerdings die Tatsache, daß bei kleinen Amplituden gewisse Verzerrungen auftreten, die jedoch vernachlässigt werden können. Der Frequenzgang dieser Verstärker genügt den Ansprüchen der Praxis. Die Kurven sind von 40 bis 10 000 Hz geradlinig, bestreichen also mindestens ein ebenso breites Frequenzband wie die heute auf dem Markt befindlichen Mikrophone und Lautsprecher.

Die Auswahl der Lautsprecher und ihre richtige Anbringung innerhalb der Werkstätten gehört zu den schwierigsten Punkten beim Aufbau der Anlage. Die Wahl der Lautsprecher ist maßgebend für die Größe und Anschaffungskosten der Kraftverstärker und die damit verbundenen Röhrenersatz- und Stromkosten. Bei der Bemessung ist darauf zu achten, daß die Räume ohne Übersteuerung des Verstärkers und ohne Überanstrengung des Lautsprechers voll ausgefüllt werden. Für die Werkstätten muß noch die Tatsache berücksichtigt werden, daß — abgesehen von den Übertragungen, wo der gesamte Betrieb ruht — die werkstattüblichen Nebengeräusche sowie die meist schlechte Hörsamkeit recht erhebliche Lautenergien verschlucken und somit eine ziemlich große Lautstärke des Lautsprechers erfordern. Lieber etwas größer als zu klein wählen!

Die Feldspulen der dynamischen Lautsprecher werden mit Gleichstrom erregt, der von der Zentrale aus eingeschaltet wird. Für den Anschluß der Sprechspule werden besondere Anpassungstransformatoren benötigt. Der Gesamtwiderstand der Transformatoren der zu einer Gruppe zusammengefaßten Lautsprecher muß dem der Endröhre des jeweiligen Verstärkers entsprechen. Daneben erhält jeder Lautsprecher für sich noch eine potentiometrische Lautstärkenregelung. Zur Vermeidung von Rückwirkungen auf die übrigen Lautsprecher wird diese Regelung auf der Sekundärseite der Anpassungstransformatoren vorgenommen; selbstverständlich sind hierbei alle Lautsprecher parallel zu schalten.

Die Potentiometer werden in der Nähe jedes Lautsprechers in einem verschließbaren Eisenkästchen angebracht und jeweils auf einen festen Wert eingestellt.

Für den Aufbau der Zentrale können verschiedene Forderungen gestellt werden:

1. Alle Lautsprecher sind von einer Stelle aus zu bedienen und einzeln zu- oder abzuschalten. Das ordnungsgemäße Arbeiten der Anlage muß sichtbar zu erkennen sein.
2. Die Zentrale ist für Schallplattenwiedergabe, Mikrophonübertragung und Rundfunkempfang eingerichtet.
3. Die Anlage ist von einer anderen Stelle aus (Abb. 1, Sitzungszimmer) ebenfalls zu besprechen. Versammlungen im Kameradschaftsheim (s. Abb. 1) sind über die Zentrale auf den gesamten Betrieb zu übertragen.
4. Massenversammlungen unter freiem Himmel unter Verwendung von einem Großlautsprecher.
5. Verwendung als Suchanlage und Luftschutzwarnanlage.

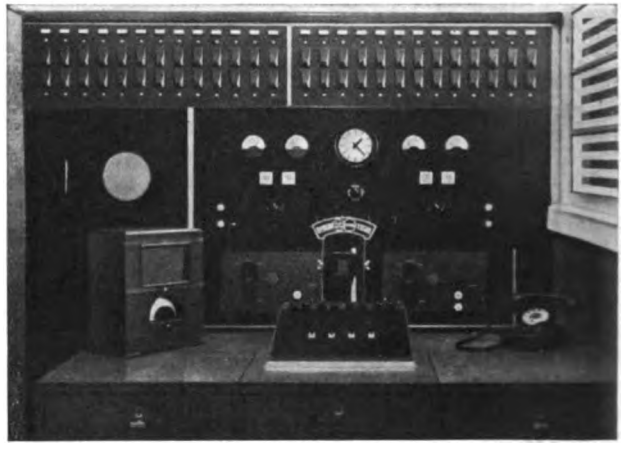


Abb. 2. Zentrale der Übertragungsanlage.

Den Gesamtaufbau der Zentrale zeigt Abb. 2. Die Verstärker sind zusammen mit der Verteilungsanlage und den Schaltern in ein Gestell eingebaut, so daß alle Bedienungsgriffe auf der Vorderseite liegen. Vor dieser Tafel befindet sich ein als Schaltpult ausgebildeter Tisch, der gleichzeitig zur Aufnahme des Rundfunkgerätes, der Schallplattenwiedergabe- und -aufnahmevorrichtung und des Mikrophons dient. Im unteren Teil des Gestells sind drei Verstärker zu je 70 W eingebaut. Daneben befindet sich zur Reserve noch ein freies Feld für einen vierten Verstärker derselben Größe. Hier kann man auch einen kleineren Verstärker (etwa 20 W) vorsehen, der dann besonders für Veranstaltungen im Kameradschaftsheim benutzt wird.

Oben sehen wir die Verteilung zu den einzelnen Betrieben und Büros. Über die unteren Schalter wird der Erregerstrom zu den volldynamischen Lautsprechern geleitet. Die darunter befindlichen Glimmlampen leuchten bei der Einschaltstellung auf. Gleichzeitig dienen sie zur Prüfung, ob die Felderregung des Lautsprechers in Ordnung ist. Beim Ausschalten entsteht bei stromdurchflossener Erregerspule ein Induktionsstoß, der ein zusätzliches Aufblinken der Glimmlampe hervorruft, was nicht der Fall ist, wenn die Spule schadhaft oder die Verbin-

Digitized by Google

dung zum Lautsprecher unterbrochen ist. Die oberen Schalter verteilen den Sprechstrom zu den entsprechenden Lautsprechern. Die über den Schaltern befindlichen Glimmlampen sind den Lautsprechern parallel geschaltet und leuchten je nach der Aussteuerung im Takt der Sprache bzw. Musik auf; gleichzeitig wird dadurch die gegenseitige Einstellung der einzelnen Verstärker überwacht.

Wie Abb. 3 zeigt, sind die abgehenden Schalter mit Rücksicht auf die vorgesehenen vier Verstärker in vier Gruppen eingeteilt. Die Gruppen *I* bis *IV* können durch die Schalter *I* bis *IV* auf die Verstärker *1* bis *4* geschaltet werden. Sind sämtliche Lautsprecher in Betrieb, so wird die Gruppe *I* auf Verstärker *1*, die Gruppe *II* auf Verstärker *2* und die Gruppen *III* und *IV* auf Verstärker *3* geschaltet. Die Lautsprecher werden auf die einzelnen Gruppen so verteilt, daß die Verstärker gleichmäßig belastet sind. Soll jedoch nur ein Teil der Lautsprecher in Betrieb sein — z. B. Schallplattenkonzert in den Werkstätten —,

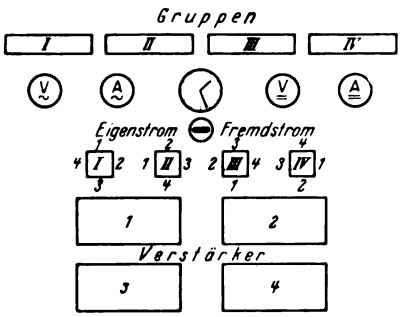


Abb. 3. Anordnung der Geräte auf der Verteilungstafel.

so reichen schon ein oder zwei Verstärker aus und die Gruppen *I* bis *IV* werden mit Hilfe der Umschalter auf diese Verstärker gelegt. Fällt ein Verstärker aus, so können die betroffenen Gruppen umgehend auf die übrigen Verstärker geschaltet werden. Diese Schaltung bietet vor der üblichen Sammelschienenschaltung den Vorteil, daß sich Störungen stets nur auf einen Teil der Anlage beschränken und sich leichter isolieren lassen.

Die Anlage wird mit Gleich- und Wechselstrom betrieben. Der Gleichstrom wird aus der Batterie, der Wechselstrom aus dem werkseigenen Kraftwerk entnommen. Daneben ist noch ein Reserveanschluß für Wechselstrom vorhanden, der durch den in der Mitte befindlichen Umschalter eingeschaltet werden kann und an den auch die Synchronuhr angeschlossen ist. Rechts befindet sich der Hauptschalter für den Gleichstromanschluß. Die darüber befindlichen Instrumente zeigen die Spannung an, sowie die Gesamtstromstärke für die Erregung. Links ist der Hauptschalter für Wechselstrom. Die Instrumente für Spannung und Gesamtstromaufnahme der Verstärker sind darüber angeordnet. Der Überwachungslautsprecher befindet sich in der linken Abschlußwand, die als Zugangstür zu dem hinter der Schalttafel befindlichen Raum ausgebildet ist. Um stets genaue Zeit zu haben, ist eine Synchronuhr in die Schalttafel eingebaut. Ein Betriebsstundenzähler dient dazu, die Lebensdauer der Röhren bzw. deren Erneuerung zu überwachen.

Während das Ein- und Ausschalten der Verstärker und der Lautsprecher von der Schalttafel aus vorgenommen wird, geschieht das Abhören durch den Überwachungslautsprecher, die Bedienung der Mikrophonvorverstärker sowie des Rundfunk- und des Schallplattenwiedergabegerätes vom Schaltpult aus, welches im Vordergrund der Abb. 2 zu sehen ist. Den Aufbau des Schaltpults zeigt Abb. 4. In der obersten Reihe sind je zwei Glimmlampen einem Verstärker zugeordnet. Schaltung und Abmessungen sind so, daß die linke bei mittlerer Leistung, die rechte aber nur bei Übersteuerung der Verstärker aufleuchtet, so daß man auch ohne Lautsprecher einen Maßstab für das Arbeiten der Anlage hat. Durch Schalter *3* wird das Rundfunkgerät eingeschaltet. Der Umschalter *13* steht dabei auf Stellung „Rundfunk" und schaltet den Empfänger an die Verstärkeranlage. Durch den Lautstärkenregler *10* wird die Aussteuerung aller Verstärker gleichzeitig geregelt. Soll Schallplattenmusik übertragen werden, so wird der Schalter *1* benutzt und der Umschalter auf „Schallplatte" gestellt.

Für Mikrophonwiedergabe sind verschiedene Möglichkeiten vorgesehen:

1. Übertragung von der Zentrale aus. Der Mikrophonvorverstärker wird vom Verstärker *1* aus gespeist und nebst Mikrophon durch den Schalter *7* eingeschaltet. Um jede Störung zu vermeiden, wird durch den Schalter *7* gleichzeitig der Überwachungslautsprecher abgeschaltet.
2. Übertragung vom Hauptgebäude aus (Abb. 1, Sitzungszimmer). Hier befindet sich ein Vorverstärker, der durch das Netz gespeist wird. Durch den Schalter *2* wird der Netzstrom eingeschaltet, dabei leuchtet am Vorverstärker eine rote Lampe auf. Bei Beginn der Übertragung wird von der Zentrale aus das Mikrophon durch Schalter *6* eingeschaltet. Nun leuchtet eine grüne Lampe — Ruhe mahnend — auf. Der Sprecher kann außerdem von sich aus das Mikrophon vorübergehend abschalten.
3. Übertragung vom Kameradschaftsheim. Mikrophon und Vorverstärker werden durch Schalter *4* und *8* von der Zentrale aus eingeschaltet. Hier ist aber darauf zu achten, daß die im Raum befindlichen Lautsprecher so angebracht werden, daß keine störenden Rückkopplungen entstehen.
4. Für Übertragungen im Freien ist ein Großlautsprecher von 70 W vorgesehen, der zur Vermeidung von Übersteuerungen von zwei Verstärkern gespeist wird.

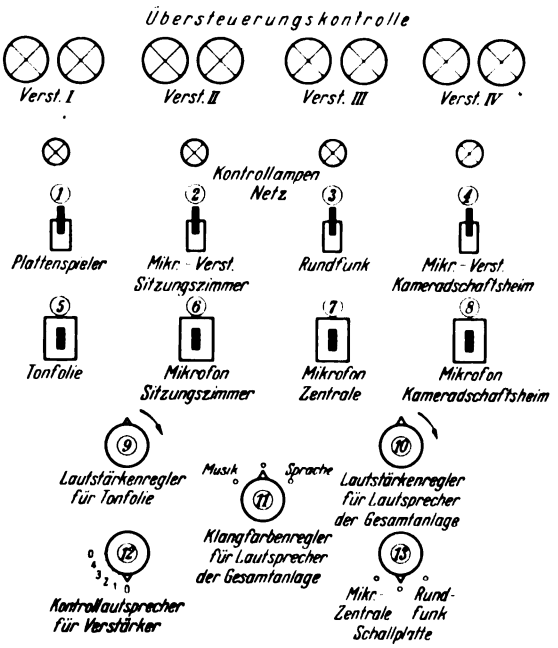


Abb. 4. Anordnung des Schaltpultes der Zentrale.

Für alle Übertragungen ist ein Überwachungslautsprecher vorhanden, der durch Schalter *12* an die einzelnen Verstärker angeschlossen werden kann. Es ist von Vorteil, den Lautsprecher des Rundfunkgeräts abschaltbar zu machen, da sonst leicht Störungen vorkommen und außerdem das Abhören des Überwachungslautsprechers er-

Digitized by Google

schwert wird. Die Klangfarbe wird durch den Regler *11* eingestellt. Die über den Schaltern *1* bis *4* befindlichen Signallämpchen zeigen an, daß der betreffende Schalter ordnungsgemäß eingeschaltet ist.

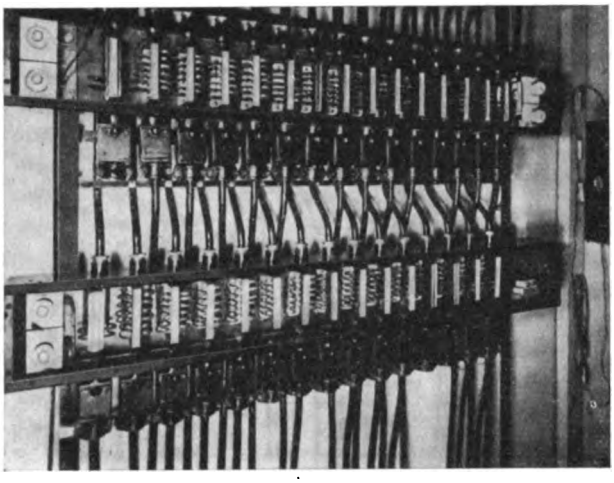


Abb. 5. Vertelleranlage.

Schließlich ist noch ein Tonfolienschreibgerät vorgesehen, für dessen Bedienung zusätzlich Schalter *5* und *9* da sind. Die Zentrale hat einen besonderen Hausfernsprecher, das Rufzeichen wird optisch gegeben, um Störungen zu vermeiden. Die Verteileranlage befindet sich hinter der Schalttafel und ist in Abb. 5 wiedergegeben. Um die Anlage weiter ausbauen zu können oder auch anderen Zwecken dienlich zu machen (Rufanlage, Luftschutzwarnanlage usw.), sind alle Kabel sechsadrig (Erdkabel $6 \times 1{,}5\ mm^2$) ausgeführt. Die Kabel selbst werden in vorhandene Kabelkanäle oder unmittelbar ins Erdreich verlegt. Für die Leitung von den Mikrophonvorverstärkern zur Zentrale wurde zweiadriges Kabel (NKBA $1{,}5\ mm^2$) gewählt. Alle Bleimäntel sind mit dem geerdeten Gestell verbunden. Der 70 W-Lautsprecher ist durch ein NKBA-Kabel $2{,}5\ mm^2$ angeschlossen.

Rundfunkübertragungen werden mit einem normalen Einkreisrundfunkgerät aufgenommen. Wird über Postleitung übertragen, so ist die Zwischenschaltung eines entsprechenden Anpassungsgliedes notwendig. Um auch bei Sprechdarbietungen die Güte der Übertragungen zu gewährleisten, ist das für kleinere Anlagen verwendete Kohlemikrophon wegen der ungenügenden Rauschfreiheit nicht zu benutzen. Aus diesem Grunde sind alle Übertragungsstellen mit Bändchenmikrophon ausgerüstet. Als Pausenzeichengeber wurde ein über Transformator am Netz liegendes Euphon-Signalgerät verwendet, das letzten Endes zwei Klangröhren darstellt, die elektromagnetisch angeschlagen werden. In Verbindung mit einem derartigen Gerät wird die Zentralrundfunkanlage auch als Suchanlage benutzt.

Die Gesamtanlage ist seit einem halben Jahr in Betrieb und hat mit mehr als 150 Betriebsstunden zur vollsten Zufriedenheit gearbeitet.

Ein neues Verfahren zur Steuerung von Gleichwellensendern.

621. 396. 615. 07

Bei dem neuen Verfahren[1]) zur Steuerung von Gleichwellensendern, das in eingehenden Versuchen erprobt worden ist, hat jeder Sender des Gleichwellennetzes seinen eigenen, quarzgesteuerten Schwingungserzeuger, während bei dem von deutschen Sendern bisher angewendeten Steuerungsverfahren nur einer von ihnen, der „Hauptsender", einen stimmgabelgesteuerten Schwingungserzeuger hat. Sehr wesentlich bei dem neuen Verfahren ist, daß die Schwingungserzeuger eine für Betriebseinrichtungen außerordentlich hohe Frequenzkonstanz haben. Eine Konstanz von 10^{-7} innerhalb von sechs Stunden wird gewährleistet. Durch Frequenzteilung wird am Hauptsender aus der Trägerschwingung eine niedrigere Steuerschwingung abgeleitet, die über Kabel zu den „Nebensendern" übertragen wird, deren Zahl beliebig groß sein kann. Dort wird sie aber nicht, wie bei dem bisherigen Verfahren, durch Vervielfachung zur Erzeugung der Trägerschwingung benutzt, sondern nur zu einem Vergleich der Frequenz des Hauptsenders mit der des Nebensenders. Auf Grund dieses Vergleiches wird der Schwingungserzeuger am Nebensender über ein mechanisches Regelglied gesteuert, so daß keinerlei unmittelbare elektrische Verbindung zwischen Haupt- und Nebensender besteht. Die örtlich erzeugte Schwingung wird in der üblichen Weise zur Steuerung des eigentlichen Senders benutzt, moduliert und ausgestrahlt.

Bei dem neuen Verfahren wird die Frequenz der über das Steuerkabel am Nebensender ankommenden Steuerschwingung zunächst bis zur Frequenz der Trägerschwingung vervielfacht. In einer Brückenschaltung, der sog. Phasenbrücke, werden die vervielfachte Steuerschwingung und eine von der örtlich erzeugten Trägerschwingung abgezweigte Schwingung vereinigt und gleichgerichtet. Der entstehende Gleichstrom, dessen Größe ein Maß für den Phasenunterschied der beiden Schwingungen ist, wird nach der Verstärkung in einem Gleichstromverstärker dem Regler zugeführt. Dieser ist ein richtkraftloses Drehspulgerät, auf dessen Achse ein Drehkondensator angebracht ist. Der Kondensator ist parallel zum Quarz geschaltet und beeinflußt dadurch die Frequenz. Diese Art der Beeinflussung ist allgemein unter dem Namen „Ziehen" bekannt.

Bei dem bisher im Betriebe angewendeten Steuerungsverfahren wurde die Steuerschwingung nach der Vervielfachung als Trägerwelle ausgestrahlt. Dabei bestand die Gefahr, daß infolge nicht ganz genauer Einstellung des Gleichwellengeräts oder von zufälligen Änderungen im Betrieb Störmodulation des Trägers auftrat. Auch durch Störspannungen auf der Steuerleitung konnten derartige Störungen auftreten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Anforderungen hinsichtlich der Störmodulation beim Gleichwellenrundfunk besonders hoch sind, da sich eine Phasenmodulation im Gebiet zwischen zwei Sendern bei einer bestimmten Phasenlage der Träger in Amplitudenmodulation umsetzt. Alle diese Gefahren werden bei dem neuen Verfahren von vornherein vermieden, da die Steuerschwingung nicht ausgestrahlt wird. Ein weiterer Vorteil ist, daß beim Ausfall des Steuerkabels keine Unterbrechung des Betriebes eintritt. Bei der hohen Frequenzkonstanz der neuen Schwingungserzeuger kann die Steuerung längere Zeit hindurch ausgeschaltet bleiben, ohne daß eine stärkere Beeinträchtigung des Empfangs zu befürchten wäre. Wesentlich ist ferner, daß die Phasenänderungen der Träger gegeneinander, wie die Versuche gezeigt haben, so langsam vor sich gehen, daß die dadurch bedingten Lautstärkeschwankungen des Empfangs selbst dann nicht als wesentliche Störungen empfunden werden dürften, wenn das Feldstärkeverhältnis zweier Gleichwellensender am Empfangsort nahezu 1 : 1 beträgt.

H. Bkm.

[1]) Vilbig u. Brückmann, Telegr.-, Fernspr.- u. Funk-Techn. 25 (1936) S. 108.

Digitized by Google

Entstörung einer Hochspannungsleitung im Bereich von Ortschaften.

(Vorläufige Mitteilung aus dem Reichspostzentralamt.)

Von F. Conrad VDE, Berlin.

621. 396. 828

Auf Grund von zahlreichen beim Rundfunkentstörungsdienst der DRP einlaufenden Meldungen über Empfangsstörungen durch Hochspannungsleitungen wurde der Entschluß gefaßt, die Lösung einer Aufgabe in Angriff zu nehmen, die für die Säuberung des Rundfunkempfangs

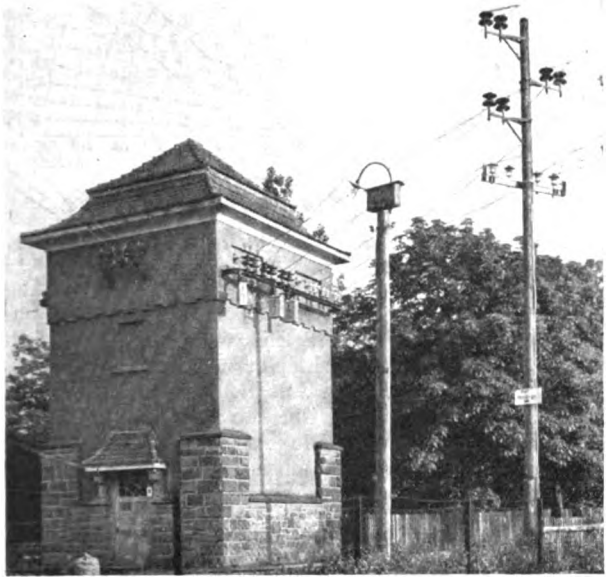


Abb. 1. Abriegelung durch Sperrkreise.

in allen Ortschaften von grundsätzlicher Bedeutung ist, durch die störende Hochspannungs-Freileitungen hindurchführen. Es handelt sich um eine Entstörung dieser Leitungen innerhalb eines genau vorgeschriebenen Bereiches. Die Lösung dieser Aufgabe war um so dringender, weil Empfangsstörungen durch die Verteilungsleitungen der Überlandwerke nicht nur in sendefernen, sondern auch in rundfunkmäßig hinreichend versorgten Gebieten auftreten und eine Abhilfe auf seiten der Rundfunkanlagen technisch nur in ganz beschränktem Umfang in Frage kommt.

Es ist bekannt, daß diese Art von Störungen im wesentlichen durch Entladungsvorgänge im Inneren der Mastisolatoren auf der freien Strecke bedingt ist, so daß eine Hochspannungsleitung auf ihrer ganzen Länge von Mast zu Mast Störungen erregt und fortleitet. Eine Entstörung könnte natürlich grundsätzlich in der Weise erfolgen, daß die Leitung in ihrer vollen Länge mit störschwachen Isolatoren ausgerüstet wird. Um unnötigen Aufwand zu vermeiden, beschränkt man sich besser nur auf begrenzte Gebiete, berücksichtigt aber, daß auch außerhalb liegende Leitungsstücke den Rundfunk im betr. Gebiet nicht stören dürfen.

Diese Aufgabe wurde grundsätzlich an einer Stichleitung für 20 000 V Betriebsspannung gelöst, die zwischen Schalthaus und einer Städtischen Umformerstation auf Holz- und Eisenmasten unter Verwendung von Stützenisolatoren geführt ist. Der die Leitung ursprünglich tragende Dreimantelisolator der Form HD 20[1]) wurde gegen einen äußerst störschwachen Vollkernisolator der Form VS ausgewechselt. Die zunächst behelfsmäßig eingebaute Hochfrequenzsperrvorrichtung gegen die übrigen im Schalthaus zusammenlaufenden, nicht entstörten Hochspannungsstrecken ist aus Abb. 1 zu ersehen. Sie besteht aus drei in die Phasen der Leitung geschalteten Sperrkreisen, die jenseits der Wand-Durchführungsisolatoren an der Außenseite des Schalthauses angebracht sind. Eine hinreichende Sperrwirkung ließ sich übrigens auch durch Reihenresonanzkreise zwischen Phasen und Erde bewirken (Abb. 2).

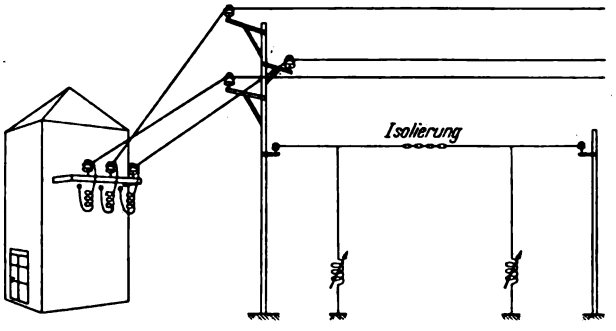


Abb. 2. Abriegelung durch Reihenresonanzkreise.

Nach Einschaltung der Sperrkreise konnte die Störspannung um mehrere Größenordnungen gesenkt werden. Nachdem früher, vor Auswechselung der Isolatoren, weder der Bezirks- noch andere Sender im Bereich der Hochspannungsleitung wiedergegeben werden konnten, waren nach Durchführung der behelfsmäßigen Abriegelung die meisten deutschen sowie ausländischen Sender störfrei zu hören. Einzelheiten über die durchgeführten Versuche sowie Meßwerte werden später mitgeteilt werden.

[1]) Siehe DIN VDE 8002.

Die Symmetrierung unsymmetrisch belasteter Drehstromnetze durch ruhende Ausgleichkreise.

Von Viktor Aigner VDE, Berlin.

(Schluß von S. 974.)

621. 316. 13. 072. 7

4. Speicherkreise mit geregelten Ausgleichspannungen.

a) Symmetrierung einphasiger Belastungen durch einen Ausgleichkreis mit Spannung geregelter Vektorlage.

Aus der Abb. 5 b und c ist zu entnehmen, daß beim Übergang von $\cos \varphi_B = 1$ auf $\cos \varphi_B = 0{,}8$ bei zwei Widerstandskombinationen je einer der Blindwiderstände bei einem Zwischenwert des Einphasenleistungsfaktors von $\cos \varphi_B = 0{,}866$ unendlich groß wird und somit der durch den zweiten Blindwiderstand bedingte Ausgleichvektor mit dem geforderten Vektor des Ausgleichgegensystems zusammenfällt. In dem Sonderfalle des $\cos \varphi_B = 0{,}866$ ergibt mithin die vektorielle Lage der verketteten Spannung

Digitized by Google

U_{RS} gerade die richtige vektorielle Lage des Ausgleichgegensystems. Verwendet man demnach beispielsweise eine Schaltung nach Abb. 9 a, in der die Last an einer verketteten Spannung liegt, und schließt man den Ausgleichblindwiderstand Z^A an eine aus Teilwerten einer verketteten Spannung (U_{ST}) und einer Phasenspannung (U_R) gebildete Ausgleichspannung an, so gelingt es durch geeignete Bemessung der Teilspannungen und damit der vektoriellen Lage und Größe der resultierenden Spannung am Ausgleichwiderstand jede beliebige Lage des Vektors des Ausgleichgegensystems zu erzielen, wie Abb. 9 b zeigt. Diese zeigt das Gegensystem auf der Oberspannungsseite der Schaltung der Abb. 9 a nach Größe und Richtung für verschiedene Übersetzungsverhältnisse der Regelumspanner, wobei der Halbmesser des gestrichelten Kreises einem Ausgleich-Gegensystem von der Größe $I_G = U_{ph}\,\omega\,C\,\ddot{u}$ entspricht, und $\ddot{u}$ das Nenn-Übersetzungsverhältnis des $\triangle/\curlywedge$-Umspanners und C die an Stelle von Z^A eingebaute Kapazität darstellt.

Belastet man die Ausgleichspannung mit einer Kapazität und dreht durch entsprechende Bemessung der Teil-

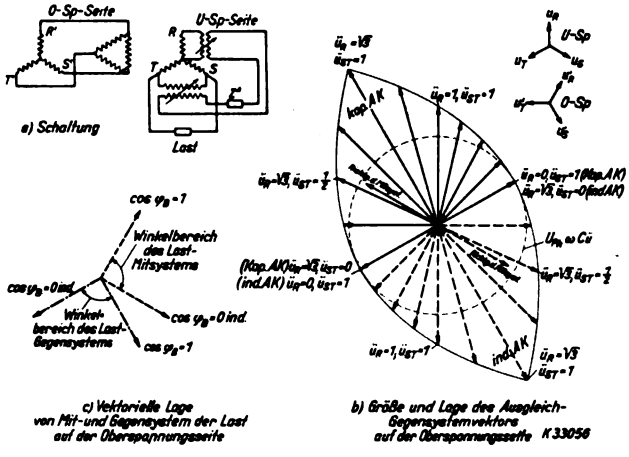


Abb. 9. Einkreis-Symmetrierung mit geregelter Ausgleichspannung.

spannungen die Ausgleichspannung gegen den Uhrzeigersinn aus der Richtung der verketteten Spannung ($\ddot{u}_R = 0$ $\ddot{u}_{ST} = 1$) um einen Winkel von 45° ($\ddot{u}_R = \sqrt{3}$, $\ddot{u}_{ST} = 1$), so dreht sich der Vektor des Ausgleichgegensystems um 90° im gleichen Sinne. Dreht man den Vektor der Ausgleichspannung um 180°, so dreht sich der Gegensystemvektor um 360°, man kann jedoch den Winkel von 180 bis 360° auch dadurch mit dem Gegensystemvektor bestreichen, daß man gemäß Abb. 9 b den kapazitiven durch einen induktiven Ausgleichwiderstand ersetzt und die Richtung der Ausgleichspannung von der Ausgangslage aus um 90° dreht.

Man erkennt aus dieser Darstellung, daß es möglich ist, jede beliebige Lage des Ausgleichgegensystems sowohl mit einer Kapazität als auch mit einer Induktivität zu erreichen, indem man die zugehörigen Ausgleichspannungen innerhalb eines Winkels von 180° dreht, da einer Drehung des Ausgleichsystems um 360° eine solche der Ausgleichspannungen um 180° entspricht. Abb. 9 c zeigt zur Ergänzung die vektorielle Lage des Mit- und Gegensystems der Last gleichfalls auf der Oberspannungsseite der Schaltung nach Abb. 9 a. Man erkennt, daß sich beide Systeme in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor zwischen $\cos\varphi_B = 1$ und 0 um 90° drehen. Während Mit- und Gegensystem in Abb. 4 um 180° gegeneinander versetzt sind, sind sie in Abb. 9 c unter dem Einfluß der Umspannerschaltung um $180 + 2 \cdot 30°$ gegeneinander verdreht. Man erkennt jedenfalls, daß durch Verwendung geeigneter Ausgleichspannungen dem Gegensystem der Last ein gegen dieses um 180° gedrehtes Ausgleichgegensystem entgegengeschaltet werden kann. Im Gegensatz zum Gegensystem verändert das Mitsystem der Ausgleichkreise in Abb. 9 b seine vektorielle Lage mit Änderung der Lage der Ausgleichspannung nicht, es sei, man vertauscht die Ausgleichkapazität gegen eine Induktivität, wodurch sich das Mitsystem um 180° dreht. Der Größe nach ist das Mitsystem dem jeweiligen Gegensystem des Ausgleichkreises gleich.

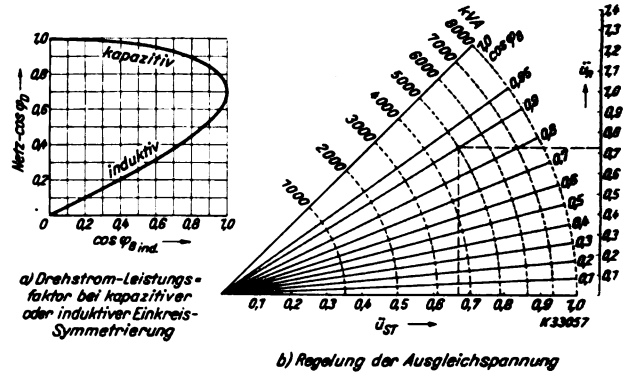


Abb. 10. Einkreis-Symmetrierung mit geregelter Ausgleichspannung.

Errechnet man beispielsweise für die Schaltung nach Abb. 9 a die erforderliche Ausgleichspannung für induktive Last, so ergeben sich bei 20 kV verketteter Sekundärspannung und 50 Ω kapazitivem Ausgleichblindwiderstand die aus Abb. 10 b ablesbaren Übersetzungsverhältnisse der beiden Regelumspanner. Die Ausgleichspannung folgt darin in bezug auf die Spannung an der Einphasenlast der Winkelbeziehung:

$$\alpha = +45° - \frac{\varphi_B}{2}, \qquad (11)$$

worin φ_B den Phasenverschiebungswinkel der induktiven Last darstellt. Ihre Größe genügt der Bedingung, der zufolge die Ausgleichblindleistung N_A stets der Scheinleistung der Einphasenlast N_S zahlenmäßig gleich ist.

Aus der konstanten Ausgleichblindleistung bei konstanter Scheinleistung der Einphasenlast ergibt sich für rein kapazitive Symmetrierung ein Netz-cos φ_D, der für rein induktive Einphasenlast nach Abb. 10 a gleich 1 und für ohmsche Last gleich $\cos\varphi_D = 0{,}707$ kapazitiv wird. Der Verlauf des Drehstrom-Leistungsfaktors bei kapazitivem Ausgleichkreis entspricht der Beziehung

$$\cos\varphi_D = \frac{\cos\varphi_B}{\sqrt{2}\sqrt{1-\sin\varphi_B}}, \qquad (13)$$

die sich aus der Verknüpfung von Ausgleichblindleistung und Einphasenscheinleistung $N_A = N_S$ sowie der Definitionsgleichung des cos φ einfach ableiten läßt. Wird die gemischt-induktive Einphasenlast allein durch eine Induktivität symmetriert, so ergibt sich für cos φ_D ein Verlauf, der der Gleichung

$$\cos\varphi_D = \frac{\cos\varphi_B}{\sqrt{2}\sqrt{1+\sin\varphi_B}} \qquad (12)$$

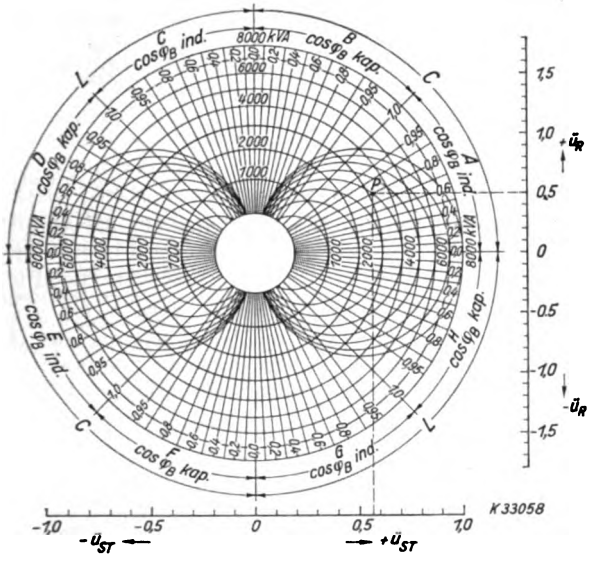
genügt und gemäß Abb. 10 a im induktiven Bereich verläuft.

Als wesentliche Erkenntnis der bisherigen Betrachtungen ergibt sich, daß es bei Verwendung geregelter Ausgleichspannungen mit einem Geringstwert an Ausgleichblindleistung gelingt, im speisenden Drehstromnetz völlige Symmetrie herzustellen.

Digitized by Google

b) Symmetrierung einphasiger Belastungen durch zwei Ausgleichkreise mit Spannungen geregelter Vektorlage.

Die Bedingungsgleichungen für die Symmetrierung lediglich durch einen Ausgleichkreis gemäß Gl. (7) führen bei der Berechnung der erforderlichen Übersetzungsverhältnisse zu je zwei Lösungen sowohl für induktiven als auch für kapazitiven Blindwiderstand im Ausgleichkreis. Das bedeutet, daß ein und derselbe Ausgleichgegensystem-Vektor mit vier Anordnungen erzielt werden kann. Für die Ausgleichschaltung nach Abb. 9 a ergibt sich demnach für kapazitiven oder induktiven Ausgleichkreis entsprechend Abb. 10 b das vollständige Diagramm der Abb. 11, in dem vorerst nur die konzentrischen Kreise zu betrachten sind. Für beispielsweise $\cos\varphi_B = 1$ der Einphasenlast läßt sich die einfache Symmetrierung mit einer Kapazität im Ausgleichkreis mit einer um 45° gegen die positive Abszisse und damit der Schaltung entsprechend gegen die Einphasenspannung gedrehten Spannung oder auch mit



C Kapazität, *L* Induktivität } im Ausgleichkreis — *P*: 4000 kVA, $\cos\varphi_B = 0{,}8$ ind. kapaz. Ausgleichkreis

Abb. 11. Regelung der Ausgleichspannung bei Ein- und Zweikreis-Symmetrierung.

einer um 45° gegen die negative Abszisse gedrehten Spannung erzielen. Ähnliches gilt für eine Induktivität im Ausgleichkreis, jedoch sind hier die Ausgleichspannungen um −45° gegen die positive bzw. negative Abszisse gedreht. Schließt man den Ausgleichkreis an andere Teilspannungen, z. B. U_{TR} und U_S an, so ergeben sich grundsätzlich gleichartige Diagramme (Abb. 12). Daraus folgt, daß ein beliebiger Ausgleich-Gegensystemvektor durch zwei Ausgleichkreise, z. B. einen kapazitiven und einen induktiven erzielt werden kann. Nach den bisherigen Untersuchungen gilt für die gesamte Ausgleichblindleistung N_A

$$N_A = N_S, \tag{14}$$

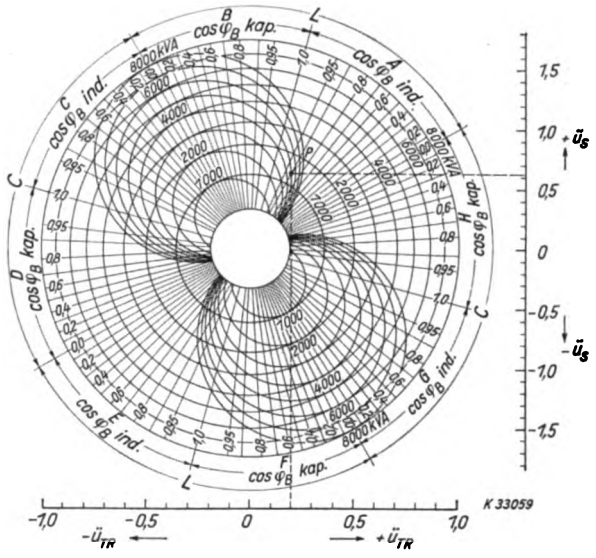
d. h. diese entspricht zahlenmäßig der Scheinleistung der Einphasenlast. Soll neben der Symmetrierung auch ein bestimmter Leistungsfaktor $\cos\varphi_D$ im speisenden Netz erreicht werden, so muß ein kapazitiver und ein induktiver Ausgleichkreis gemäß der Bedingung

$$N_A = N_{A\,\text{kap.}} + N_{A\,\text{ind.}} = N_S \tag{15}$$

verwendet werden, d. h. die Summe aus induktiver und kapazitiver Ausgleichleistung muß der Scheinleistung der Last zahlenmäßig entsprechen. Bei induktiver Last muß bei $\cos\varphi_D = 1$

$$N_{A\,\text{kap.}} - N_{A\,\text{ind.}} = N_{B\,\text{ind.}} \tag{16}$$

entsprechen, d. h. die kapazitive Überschußleistung muß zahlenmäßig dem Blindleistungsanteil der Einphasenlast gleich sein.



P: 5000 kVA, $\cos\varphi_B = 0{,}9$ ind. indukt. Ausgleichkreis — *C* Kapazität, *L* Induktivität } im Ausgleichkreis

Abb. 12. Regelung der Ausgleichspannung bei Ein- und Zweikreis-Symmetrierung.

Aus obigen Beziehungen lassen sich für die bezogenen Ausgleichblindleistungen für beliebigen Leistungsfaktor $\cos\varphi_D$ im speisenden Netz innerhalb der durch die Einkreis-Symmetrierung (Abb. 10 a) gegebenen Grenzen folgende Beziehungen ermitteln:

$$\frac{N_{A\,\text{kap.}}}{N_S} = k = \frac{1}{2}(1 - \cos\varphi_B \operatorname{tg}\varphi_D + \sin\varphi_B) \tag{17}$$

$$\frac{N_{A\,\text{ind.}}}{N_S} = i = \frac{1}{2}(1 + \cos\varphi_B \operatorname{tg}\varphi_D - \sin\varphi_B). \tag{18}$$

Den Verlauf der k- und i-Werte zeigt Abb. 13 für drei Werte des gewünschten Netz-$\cos\varphi_D$.

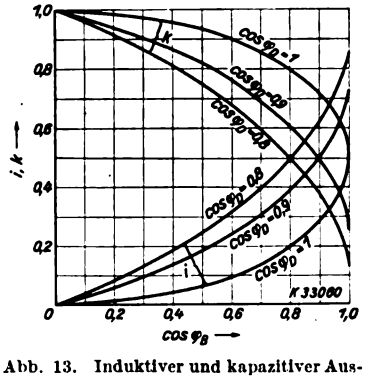


Abb. 13. Induktiver und kapazitiver Ausgleich-Blindleistungsanteil bei Zweikreis-Symmetrierung.

Da die Leistung eines Ausgleichkreises

$$N_A = \frac{U_A^2}{Z^A} \tag{19}$$

entspricht, Z^A den beim Übergang von der Einkreis- zur Zweikreis-Symmetrierung als konstant betrachteten Blindwiderstand der Ausgleichkreise darstellt, so sinken bei Zweikreis-Symmetrierung die Ausgleichspannungen für den kapazitiven bzw. induktiven Ausgleichkreis auf das $\sqrt{k}$- bzw. $\sqrt{i}$-fache jener Werte, die bei Symmetrierung lediglich durch eine Kapazität bzw. Induktivität erforderlich werden.

In Abb. 11 und 12 geben die Schnittpunkte der durch den Ursprung gehenden Kreise mit den Halbstrahlen, die den einzelnen Leistungsfaktorwerten der Einphasenlast entsprechen, die bei konstanten Ausgleichblindwiderständen und $\cos\varphi_D = 1$ erforderlichen Ausgleichspannungen an. Das eine Diagramm (Abb. 11) ist z. B. dem kapazitiven, das zweite (Abb. 12) dem induktiven Ausgleichkreis

Digitized by Google

zuzuordnen, wobei die Kreise bei induktivem Leistungsfaktor der Einphasenlast nach den Sektoren *A* oder *E* zu regeln sind. Derartige Diagramme lassen sich für jede beliebige Schaltung aufstellen und sind mit einfachster Umrechnung auch auf andere Einphasenleistungen und Ausgleichspannungen anwendbar.

Als allgemein gültig läßt sich den bisherigen Betrachtungen entnehmen, daß stets mit einem Geringstwert an Ausgleichblindleistung gleich der Einphasenscheinleistung symmetriert werden kann. Durch geeignete Aufteilung der Ausgleichblindleistung auf einen induktiven und einen kapazitiven Kreis läßt sich in den durch die kapazitive und induktive Einkreis-Symmetrierung gegebenen Grenzen jeder beliebige Leistungsfaktor im speisenden Netz erreichen. Die Phasenverschiebung zwischen der festen Spannung an der Einphasenlast und den Ausgleichspannungen, die die Ausgleichkreise speisen, beträgt

$$\alpha = (0° \text{ oder } 180°) \pm 45° \pm \frac{1}{2}\varphi_B, \qquad (20)$$

wenn φ_B den Phasenverschiebungswinkel der Einphasenlast bedeutet. Vor den 45° gilt das Pluszeichen für einen kapazitiven, das Minuszeichen für einen induktiven Ausgleichkreis. Desgleichen gilt das Pluszeichen vor $\frac{1}{2}\varphi_B$ für einen kapazitiven, das Minuszeichen für einen induktiven Leistungsfaktor ($\cos\varphi_B$) der Einphasenlast[6]).

5. Die näherungsweise Symmetrierung großer Einphasenlasten.

Die Regelung der Größe der Ausgleichspannungen kann naturgemäß auch durch eine Regelung der Ausgleichblindwiderstände ersetzt werden, so daß die Ausgleichblindleistung jeweils der Einphasenscheinleistung entspricht. Durch hinreichend feine Regelung der Ausgleichspannungen hinsichtlich ihrer vektoriellen Lage und bei konstanten Ausgleichblindwiderständen auch hinsichtlich ihrer Größe kann man mit beliebiger Genauigkeit vollständige Symmetrie erreichen. Im praktischen Betriebe kommt es aber weniger auf eine vollständige Symmetrie als vielmehr auf die Gewährleistung an, daß eine vereinbarte Abweichung von der vollständigen Symmetrie, die durch die Abweichung der Phasenströme voneinander oder durch einen nicht symmetrierten Lastanteil bzw. Größe des Gegensystems der Ströme ausgedrückt werden kann, nicht überschritten wird.

Unter solchen Voraussetzungen genügt eine stufenweise Einstellung der Ausgleichkreise, die naturgemäß eine um so bessere Annäherung an die vollständige Symmetrie ergibt, je größer die Stufenzahl ist. Ein Beispiel für eine entsprechende Schaltanordnung zeigt Abb. 14 a. Über einen Umspanner in Scott-Schaltung wird eine Einphasenlast aus dem Drehstromnetz gespeist. Die Einphasenlast liegt an der Diagonalspannung des Scott-Umspanners, der kapazitive und induktive Ausgleichkreis können an Spannungen angeschlossen werden, die der oben besprochenen Winkelbeziehung entsprechen. Abb. 14 b zeigt eine andere Lösung, nach der die Spannungen der Ausgleichskreise unter einem Winkel von 90° festbleiben, dafür wird die vektorielle Lage der Spannung an der Einphasenlast nach Maßgabe des Leistungsfaktors gemäß Gl. (20) geändert. Diese Schaltung bedingt jedoch eine Unterbrechung der Einphasenlast bei Umschaltungen.

[6]) R. Tröger ermittelt dieselben Zusammenhänge durch rechnerische Auswertung folgender Symmetrierungsbedingungen:

A) Die Summe der Augenblickswerte des einphasigen Blindleistungsverbrauchs und des Verbrauchs der zu seiner Symmetrierung benötigten Blindwiderstände ist in jedem Augenblick gleich Null.

B) Die Summe der Augenblickswerte des einphasigen Wirkleistungsverbrauchs und des Verbrauchs der zu seiner Symmetrierung benötigten Blindwiderstände ist in jedem Augenblick konstant und gleich dem effektiven Wirkverbrauch.

Da es sich im allgemeinen um eine induktive Einphasenlast handelt, muß die Ausgleichspannung des kapazitiven Kreises um den Winkel

$$\alpha_k = +45° - \tfrac{1}{2}\varphi_B, \qquad (21)$$

die des induktiven um den Winkel

$$\alpha_i = -45° - \tfrac{1}{2}\varphi_B \qquad (22)$$

gegen die Spannung an der Einphasenlast verschoben sein. Die vektorielle Lage der Ausgleichspannungen, an die die Ausgleichkreise wahlweise angeschlossen werden

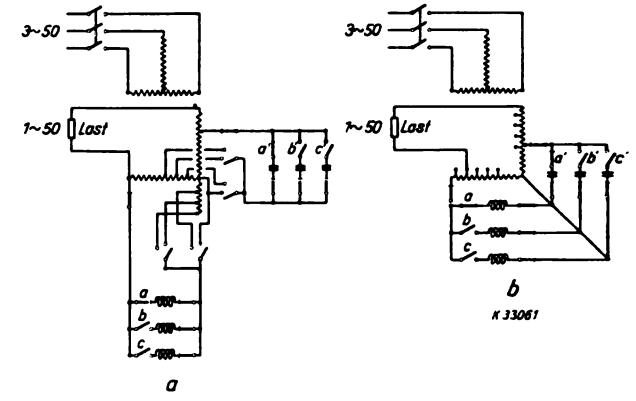
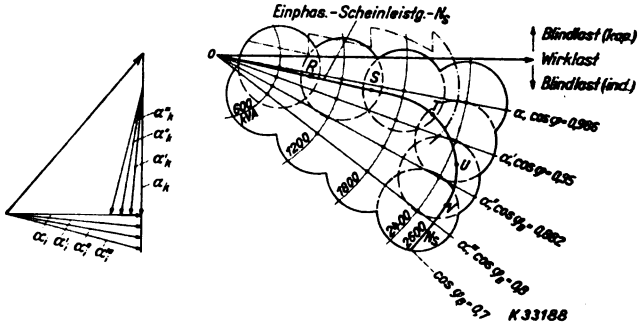


Abb. 14. Schaltungen für angenäherte Symmetrierung von Einphasenlasten.

können, zeigt für die Schaltung der Abb. 14 a die Abb. 15 a. Bei gutem Leistungsfaktor werden die Ausgleichkreise an die Spannungen α_k bzw. α_i, bei sinkendem Leistungsfaktor an die Spannungen α_k' bis α_k''' bzw. α_i' bis α_i''' angeschlossen. Die der jeweiligen Scheinleistung der Einphasenlast entsprechenden bzw. zunächstliegenden Ausgleichleistungen werden über die Schalter *a a'* und *b b'* usf.



a) Lage der Ausgleichspannung für verschiedene cosφ Werte

b) Einphasen-Leistungs-Verlauf und Symmetrier-Stufen

Abb. 15. Angenäherte Symmetrierung.

der Abb. 14 zugeschaltet. Durch ausreichende Unterteilung der Ausgleichleistungen und entsprechende Kombination der einzelnen Schaltstufen lassen sich verhältnismäßig kleine Sprünge der Ausgleichleistungen und damit eine weitgehende Annäherung an die Symmetrie erreichen.

Abb. 15 b zeigt den Verlauf der Scheinleistung der Einphasenlast nach Größe und Richtung, also in vektorieller Darstellung[7]), da in Richtung der Abszisse die Wirklast und senkrecht nach unten die induktive Blindlast aufgetragen ist. Mit steigender Scheinleistung der Einphasenlast sinkt demnach ihr Leistungsfaktor, wie dies z. B. bei manchen thermischen Vorgängen der Fall ist. Die Halbstrahlen α bis α''' entsprechen den verschiedenen Einstellungen der Ausgleichspannungen. Die um den Ursprung 0 geschlagenen Kreisbögen entsprechen den verschiedenen durch entsprechende Zuschaltung von Ausgleichsinduktivitäten und -kapazitäten erzielbaren Ausgleichleistungen, die hier in Stufen von 600 kVA insgesamt 2400 kVA ergeben. Die Einphasenleistung erreicht im End-

[7]) G. Hommel, Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 737.

Digitized by Google

wert 2600 kVA bei einem $\cos\varphi_B$ von 0,7. An jenen Punkten, an denen die Kreisbögen der Ausgleichleistung die mit a bis a''' bezeichneten Halbstrahlen schneiden, ergibt sich vollkommene Symmetrie, wenn die Einphasenleistung N_S gleichfalls durch diese Punkte geht.

Man erkennt, daß die Einphasenlast anfänglich parallel zum Halbstrahl a verläuft und bei größeren Leistungen (1800 kVA) in den Bereich der Halbstrahlen a', a'' und a''' gelangt. Werden daher mit wachsender Einphasenlast die Ausgleichblindwiderstände erst an Ausgleichspannungen geschaltet, die dem Halbstrahl a entsprechen, dann die Ausgleichleistung jeweils auf die nächst größere Stufe gebracht, wenn die Einphasenleistung die den Punkten R, S, T entsprechenden Werte erreicht hat, so kann die restliche Unsymmetrie im vorliegenden Beispiel erheblich unterhalb 15 % der Vollastleistung gehalten werden. Der Halbmesser der eingetragenen Leistungskreise entspricht 15 % der Vollastleistung. Verläuft daher die Kurve der Einphasenscheinleistung stets innerhalb eines der Kreise, so bleibt die Unsymmetrie kleiner als 15 % der Vollastleistung. Im Punkt T sind die Ausgleichspannungen bei voller Ausgleichblindleistung auf die dem Strahl a', im Punkte U auf die a'' und im Punkte V auf die a''' entsprechenden Vektorlagen umzuschalten. Durch weitere Unterteilung der Ausgleichleistung und der vektoriellen Lagen der Ausgleichspannungen läßt sich die restliche Unsymmetrie beliebig weit herabsetzen. Durch geeignete Aufteilung der Ausgleichleistung in einen induktiven und einen kapazitiven Teil läßt sich der Drehstromleistungsfaktor in gewünschten Grenzen halten. Zur Zeit ist eine größere Anlage nach diesen Gesichtspunkten ausgeführt und in Betrieb genommen worden. Die Abnahmeversuche haben weitestgehende Symmetrie bei günstigem Drehstromleistungsfaktor ergeben.

6. Die Symmetrierung beliebig ungleichmäßig belasteter Drehstromnetze.

Die Symmetrie eines Drehstromnetzes läßt sich dadurch erreichen, daß die im Netz verteilten an verschiedene verkettete Spannungen angeschlossenen einphasigen Belastungen je für sich symmetriert werden, wobei insgesamt eine Ausgleichblindleistung erforderlich ist, die zahlenmäßig der Summe der Einphasenscheinleistungen entspricht. Da die verschiedenen Einphasenbelastungen durch ihr Zusammenwirken zwar nicht an der Anschlußstelle der einzelnen Last, wohl aber an dem allen Einphasenlasten voraussetzungsgemäß gemeinsamen Speisepunkt einen teilweisen Ausgleich ergeben, reicht man bei einer Symmetrierung am Speisepunkt mit einem Bruchteil der bei Einzelsymmetrierung erforderlichen Ausgleichblindleistung aus. Eine Regelung der Ausgleichblindleistungen in Abhängigkeit von den einzelnen Einphasenleistungen scheidet aus, die Regelung muß vielmehr auf die drei resultierenden unsymmetrischen Leiterströme zurückgreifen.

Aus der Abb. 9 b läßt sich entnehmen, daß man ein und dieselbe Größe und Vektorlage des Ausgleichgegensystems erhält, wenn man den Kondensator durch eine Induktivität gleichen Blindwiderstandes ersetzt und gleichzeitig die Ausgleichspannung um 90 ° nach vorwärts oder rückwärts dreht. Symmetriert man sowohl mit einem kapazitiven als auch mit einem induktiven Ausgleichkreis, so müssen daher die Ausgleichspannungen der beiden Kreise stets um 90 ° gegeneinander verdreht sein. Dies ist z. B. sehr klar der Abb. 15 a zu entnehmen, in der die einander zugeordneten Ausgleichspannungen a_k, a_i bis a_k''', a_i''' stets aufeinander senkrecht stehen.

Abb. 9 b zeigt aber auch, daß sich der Gegensystemvektor stets um einen Winkel γ dreht, der dem doppelten Drehungswinkel δ der Ausgleichspannungen entspricht. Dasselbe ist den Abb. 11 und 12 zu entnehmen, aus denen hervorgeht, daß einer Drehung des Ausgleich-Gegensystems um 90 ° entsprechend einer Phasendrehung der Einphasenlast um 90 ° eine Drehung der Ausgleichspannungen um nur 45 ° entspricht.

Aus dem gesetzmäßigen Zusammenhang für die Winkelbeziehung

$$\gamma = 2\,\delta \tag{23}$$

ergibt sich die Möglichkeit, jede beliebige Unsymmetrie eines Drehstromnetzes mit den verschiedensten Schaltungen auszugleichen, d. h. zu symmetrieren. Voraussetzung für die Symmetrierung ist die Kenntnis der vektoriellen Lage und Größe des durch das Zusammenwirken der einzelnen zeitlich schwankenden Einphasenlasten bedingten jeweiligen Gegensystems, d. h. der Unsymmetrie nach Größe und Richtung. Es gibt Drehfeldscheider, die es gestatten, die Größe und Richtung des Gegensystems zu messen. Sie beruhen grundsätzlich darauf, daß sie gemäß der Definition des Gegensystems [s. Gl. (2)] durch Kunstschaltungen einen nach Größe und Richtung mit dem Gegensystem verknüpften Meßstrom liefern[8]). Demnach besteht die Aufgabe, dem gemessenen, durch die unterschiedlichen Einphasenlasten bedingten Gegensystem ein gleich großes, aber um 180 ° gedrehtes Ausgleichgegensystem entgegenzuschalten. Die letzterem entsprechenden Ausgleichspannungen sind unter Voraussetzung fester Ausgleichblindwiderstände nach Größe und Richtung einzuregeln, was sich vollselbsttätig erreichen läßt.

Das Stromausgleich-Gegensystem ist bei konstantem Ausgleichblindwiderstand seiner Größe nach dem Quadrat der Ausgleichspannung und damit unmittelbar der Ausgleichblindleistung und bei vollständiger Symmetrierung der resultierenden Einphasen-Scheinleistung proportional, d. h. es ist

$$I_G^A = \text{konst.}\; U_A^2 = -I_G. \tag{24}$$

Die Ausgleichspannungen sind mithin ihrer Größe nach gemäß der Beziehung

$$U_A = \sqrt{I_G}\,\text{konst.} \tag{25}$$

und ihrer Vektorlage nach gemäß der Beziehung (23) zu regeln. D. h., dreht sich der Gegensystemvektor um den Winkel γ im Sinne des Uhrzeigers, so müssen sich die Ausgleichspannungen um den halben Winkel gleichsinnig drehen.

Obige Regelbedingungen lassen sich durch Schaltungen mittels Drehreglern oder Regeltransformatoren[9]) in Verbindung mit einer selbsttätigen Steuerung erfüllen.

Zusammenfassung.

Bei einphasiger Belastung eines Drehstromnetzes ergibt sich sowohl eine Strom- als auch eine Spannungsunsymmetrie, die sich störend auf Generatoren und Abnehmer auswirken können. Eine symmetrische Belastung kann durch Umspannerschaltungen nicht erzwungen werden, da die Unsymmetrie der Ströme von der Umspannerschaltung völlig unabhängig ist. Die Symmetrierung läßt sich nur durch Energiespeicher in Form umlaufender Maschinen oder elektrischer bzw. magnetischer Speicher erreichen. — Bei Anschluß von Ausgleichblindwiderständen an die Dreieckspannungen des Drehstromsystems übersteigen die zur Erzielung einer vollständigen Symmetrie erforderlichen Ausgleichblindleistungen die Scheinleistung der Einphasenlast je nach deren Leistungsfaktor und Anschlußart der Ausgleichblindwiderstände bis zum Zweifachen. Der drehstromseitige Leistungsfaktor nimmt niedrige induktive oder kapazitive Werte an. Werden hingegen die die Ausgleichblindwiderstände speisenden Spannungen in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor der Einphasenlast hinsichtlich ihrer vektoriellen Lage und Größe geregelt, so gelingt es, vollständige Symmetrie im Drehstromnetz mit dem Geringstwert an Ausgleichblindleistung zu erreichen; dieser entspricht der Scheinleistung der Einphasenlast. — Während bei Verwendung nur eines Ausgleichkreises der Drehstrom-Leistungsfaktor mit dem Leistungsfaktor der Einphasenlast gesetzmäßig verknüpft

[8]) V. Genkin, Rev. gén. Electr. 19 (1926) S. 123. G. W. Stubbings, Electr. Rev. 105 (1929) S. 791. R. Stewart, Electr. J. 26 (1929) S. 260. Friedländer u. Schwartz, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 10 (1931) S. 24. A. P. Hayward, Electr. J. 28 (1931) S. 351.

[9]) R. Küchler, ETZ 55 (1934) S. 1054 u. 1075.

Digitized by Google

ist, kann bei Verwendung eines induktiven und eines kapazitiven Ausgleichkreises innerhalb der durch die Einkreissymmetrierung gegebenen Grenzen der Drehstrom-Leistungsfaktor beliebig eingeregelt werden. Bei Symmetrierung der aus beliebigen an das Drehstromnetz angeschlossenen Einphasenlasten folgenden restlichen Unsymmetrie werden Vektorlage und Größe der Ausgleichspannungen in Abhängigkeit von der Vektorlage und Größe des Gegensystems der durch alle Einzellasten bedingten Leiterströme geregelt.

Selbsttätiges Parallelschalten durch Stromrichter beim Synchronisieren.

621. 3. 062. 1 : 621. 314. 6. 07

Für Relaiszwecke sind Stromrichter ganz besonders geeignet, da wegen der nichtlinearen Beziehung zwischen Gitterspannung und Anodenstrom durch sehr kleine Gitterspannungsänderungen große Stromänderungen erzielt werden können. Ein anschauliches Beispiel für diese Anwendungsmöglichkeit ist eine Einrichtung zum selbsttätigen Parallelschalten einer Synchronmaschine mit einem Netz[1]). Dabei werden die Spannungen der beiden parallel zu schaltenden Systeme hinsichtlich Spannungshöhe, Phasenlage und Frequenz durch Stromrichter überwacht. Die Schaltzeit des Kuppelschalters wird ebenfalls durch die Gittersteuerung der Stromrichter berücksichtigt, so daß ein Parallelschalten ohne Schutzwiderstände oder Schutzdrosseln erfolgen kann.

Den grundsätzlichen Aufbau der Parallelschalt-Einrichtung unter Fortlassung der Gittersteuerkreise zeigt Abb. 1. Die beiden Systeme U_1 und U_2, die in bekannter Weise nahezu in Synchronismus gebracht worden sind, sollen durch den Schalter *Sch* zusammengeschaltet werden. Die Arbeitsweise ist dabei folgende: Zündet das Vorrohr *a*, das den Schlupf überwacht, so wird durch das Relais *I* die Anode des Hauptrohres *b* von dem Relais *II* auf das Relais *IV* geschaltet. Von diesem Augenblick an kann durch Zündung des Hauptrohres *b* der Schalter *Sch* durch das Relais *IV* eingelegt werden, wobei der Zündzeitpunkt um die Schaltzeit des Schalters vorverlegt werden muß. Zündet dagegen das Hauptrohr *b* zuerst, so wird durch das Relais *II* der Anodenstromkreis des Vorrohres unterbrochen und damit wegen der Ruhestellung des Relais *I* eine Betätigung des Relais *IV* unmöglich. Zur Betätigung des Kuppelschalters ist es erforderlich, daß beide Rohre gezündet werden, wobei das Vorrohr zuerst gezündet werden muß. Das Relais *III* unterbricht den Anodenstromkreis des Vorrohres, wenn der Unterschied der parallel zu schaltenden Spannungen einen bestimmten Wert überschreitet. Zum Parallelschalten wird nun der bis zu annähernd synchronem Lauf hochgefahrene Generator durch ein kleines zusätzliches Drehmoment über die synchrone Drehzahl gebracht. Während dieser Drehzahländerung nimmt der Schlupf stetig ab. Die Arbeitsweise der Einrichtung ergibt sich durch die Betrachtung der Spur des Arbeitspunktes im ϑS-Diagramm (Abb. 2), das den Schlupf $S = (\omega_1 - \omega_2)/\omega_1$ und die Phasenverschiebung $\vartheta = \omega_1 t - \omega_2 t = S\omega_1 t$ darstellt. Durch Gittersteuerung wird dafür gesorgt, daß das Vorrohr nur innerhalb der senkrecht schraffierten Fläche zu zünden ist, während der Anodenstrom des Hauptrohres nur innerhalb der waagerecht schraffierten Fläche freigegeben werden kann. Ist der Schlupf größer als der zulässige Wert S_{zul}, so zündet das Hauptrohr zuerst (Punkt *A*) und unterbricht durch das Relais *II* den Anodenstromkreis des Vorrohres. Wenn der Schlupf kleiner als S_{zul} ist, wird das Vorrohr vor dem Hauptrohr gezündet (Punkt *B*). Das Relais *I* wird durch den Anodenstrom des Vorrohres erregt und schaltet in den Anodenstromkreis des Hauptrohres das Relais *IV*. Das Hauptrohr wird im Punkt *C* gezündet und schaltet durch das Relais *IV* den Kuppelschalter entweder unmittelbar oder über ein Hilfsrelais ein. Wird der Zündzeitpunkt *C* des Hauptrohres richtig eingestellt, so berühren sich die Kontakte des Kuppelschalters im günstigsten Augenblick (Punkt *D*).

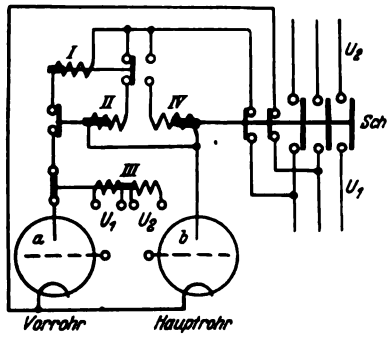


Abb. 1. Grundsätzliches Schaltbild der Parallelschalt-Einrichtung.

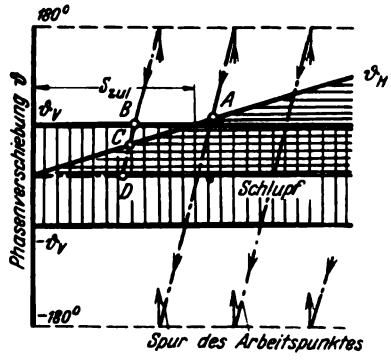


Abb. 2. Steuerdiagramm der Entladungsgefäße.

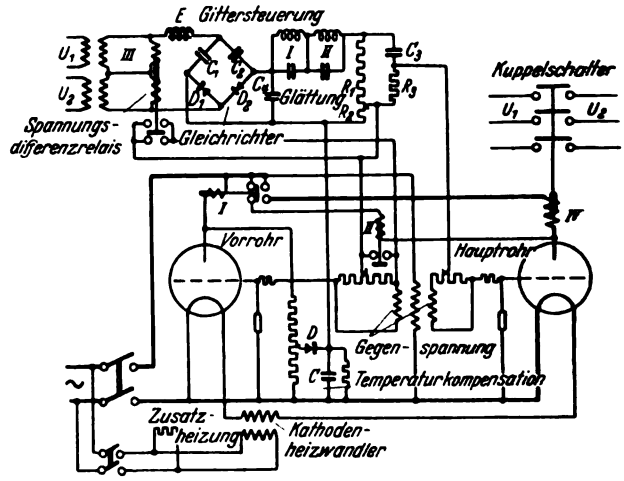


Abb. 3. Vollständiges Schaltbild der Parallelschalt-Einrichtung.

Die vollständige Schaltung zeigt Abb. 3. Jedem Gitter der Entladungsgefäße wird eine konstante Wechselpannung zugeführt (Gegenspannung), die gegenüber der Anodenwechselspannung um 180 ° in der Phase verschoben ist. In Reihe mit dieser Gitterwechselspannung liegt jeweils eine negative Gleichspannung, die durch Gleichrichtung der Differenzspannung der beiden Wechselstromsysteme (U_1, U_2) gewonnen wird. Am Gitter des Vorrohres liegt der am Widerstand R_2 erzielte Spannungsabfall und an dem des Hauptrohres der Spannungsabfall an den Widerständen R_2 und R_3. Sind diese Spannungsabfälle hinreichend klein, so erfolgt die Zündung der Entladungsgefäße. Da die Zündkennlinie der Entladungsgefäße vom Quecksilberdampfdruck und damit von dessen Temperatur abhängt, wurde für das Hauptrohr eine Temperaturkompensation vorgesehen. Zu diesem Zwecke ist im Gitterkreis des Hauptrohres eine positive Gleichspannung eingefügt, die in dem Maße ansteigt, in dem die Umgebungstemperatur des Rohres sinkt. Da die Temperaturempfindlichkeit der Entladungsgefäße bei höheren Umgebungstemperaturen leichter abzuschätzen ist, sind sie in einem Wärmeschrank untergebracht worden. Durch diese Maßnahmen wurde erreicht, daß bei einer Temperaturänderung von 20 ° C die Zündkennlinie nur um 0,016 V verschoben wurde.

Läßt man beim Parallelschalten einen Stromstoß zu, der gleich dem größten zulässigen Stromwert der Anlage ist, so wird, wie Versuche gezeigt haben, der Synchronismus in 15 bis 40 s erreicht, je nach der Schaltzeit des Schalters. Die Leistung für die Einrichtung kann normalen Meßwandlern entnommen werden. —*ffe.*

[1]) V. Grosse u. J. E. E. Ginger, Electr. Rev., Lond., 118 (1936) S. 119.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

621. 315. 211. 3 **Tränken von Ölkabeln nach der Verlegung.** — Das Tränken von Ölkabeln nach der Verlegung würde die Ölausgleichgefäße während der Beförderung und der Verlegung des Kabels und während des Einbaus der Muffen und Endverschlüsse entbehrlich machen, also eine wesentliche Erleichterung bedeuten. Anderseits sprechen alle bisherigen Erfahrungen für die Tränkung in der Fabrik bei Temperaturen zwischen etwa 80 und 140 ° C. Elektrische Heizung der verlegten Kabel würde einen untragbaren Energieaufwand erfordern. Nach umfangreichen Voruntersuchungen zwecks Ermittlung der Bedingungen, unter denen die nachträgliche Tränkung mit gleich gutem Erfolg durchgeführt werden kann wie die bisherige Tränkung des warmen Kabels in der Fabrik, hat sich das Wagnis erfolgreich durchführen lassen.

Die trockne Papierisolation besteht etwa zur Hälfte aus Zellulosefaser, zur andern Hälfte aus Poren. Diese geben beim Auspumpen den Gasinhalt nur zögernd ab, wie sie auch umgekehrt bei Druckzunahme nur langsam wieder die Gasteilchen aufnehmen. Erwärmung beschleunigt die Vorgänge, außerdem hängen sie stark ab von der Beschaffenheit des Papiers und des Gases (Molekulargewicht). Sauerstoff (M.G. = 28) z. B. wird in weit größerer Menge aufgenommen als Wasserstoff (M.G. = 2). Ferner ergab sich, daß das Papier möglichst durchlässig sein muß. Im übrigen sind die Gesetzmäßigkeiten, welche die hier in Betracht kommenden Größen verknüpfen, recht verwickelt. Das Öl muß u. a. geringe dielektrische Verluste und geringe Temperaturabhängigkeit haben und den Gasrückstand nach dem Auspumpen auflösen. Die Verluste sind bei Ölkabeln wesentlich geringer und haben bei etwa 85 ° C, bei Massekabeln bei 38 ° C ihren Kleinstwert. Ölkabeln darf man also, wie auch die Erfahrung gezeigt hat, Betriebstemperaturen bis zu 100 ° C zumuten.

Praktische Versuche mit zwei 132 kV-Einphasenkabeln von 150 mm², 20 mm Leiterdurchmesser, 9 mm Isolation und 690 m Länge, welche als Überspannungsschutz einer starken Gewitterstörungen ausgesetzten Freileitung dienten, ergaben folgende Werte: Dauer des Auspumpens nach der Verlegung 11 h, Tränkungsdauer 8 h (gleich oder kürzer als in der Fabrik). Währenddessen stieg die Kapazität von etwa 0,11 auf 0,19 µF. Geprüft wurde mit 150 kV Wechselspannung 15 min lang und 1 h mit 280 kV Gleichspannung (Höchstgradienten 23,4 bzw. 43,6 kV/mm); die Tangente des Verlustwinkels war etwa 0,003, und zwar unabhängig von der Meßspannung (10 bis 70 kV). Nach einjährigem Dauerbetrieb wiederholte Verlustmessungen erwiesen die völlige Konstanz der Anfangswerte. Mit Hilfe eines am Ende des 1380 m langen Kabels angebrachten Manometers ließ sich die Ölbewegung überwachen durch Ermittlung von Kurven, welche bei Belastung mit zum Teil übernormalen Stromstärken den Überdruck in Abhängigkeit von der Belastungsdauer und den Unterdruk in Abhängigkeit von der Abkühlungsdauer veranschaulichen.

Ein weiterer Versuch fand mit drei als Überspannungsschutz benutzten Kabeln für 150 kV Drehstrom von 300 m Länge, 150 mm² Leiterquerschnitt, 20 mm Leiter- und 13 mm Isolationsstärke statt. Zwei von den Kabeln enthielten Muffen, welche mittels eines Hahns das Fließen des Öls aus einem Abschnitt in den andern zu unterbrechen gestatten. Rohransätze dienen zum Auspumpen und Einfüllen des Öls bzw. zum Anschluß eines Ausgleichbehälters. Vor der Inbetriebnahme wurde mit 348 kV Gleichspannung (Höchstgradient 41,5 kV/mm) 1 h lang geprüft; die Verlustwinkelmessung mit 30 bis 150 kV zwischen Leiter und Bleimantel ergab 0,0029 bis 0,0031.

Ein bedeutsamer Vorteil der Tränkung nach der Verlegung liegt noch in der Möglichkeit, den Bleimantel zuvor strengen Druckprüfungen zu unterziehen, also beim Befördern oder bei der Verlegung eingetretene Beschädigungen rechtzeitig feststellen zu können. Das mitgeteilte Verfahren verdient aufmerksame Beachtung von seiten der Kabelindustrie. Zu der Reihe der bekannten Vorzüge, welche das Ölkabel bei hohen Spannungen dem Massekabel gegenüber aufweist und welche in einem früheren Aufsatz desselben Verfassers[1]) dargelegt wurden, tritt die geschilderte Vereinfachung der Verlegung als ein wertvoller Fortschritt hinzu. [J. Borel, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936), S. 211.] *Eg.*

Beleuchtung.

621. 32 : 659. 135 **Neue einfache Lichtreklame-Schaltkästen.** — Wenn die Anwendung von abwechselnd, auch in stufenweiser Reihenfolge aufleuchtenden und wieder erlöschenden Lichtreklamen, denen gerade durch den Wechsel eine hohe Blickfangwirkung zukommt, zum erheblichen Teil immer noch auf größere kapitalkräftige Firmen beschränkt blieb, so ist das, neben der Scheu vor den Stromkosten, vor allem darauf zurückzuführen, daß solche Anordnungen mehr oder minder verwickelte Schaltteile, wie Schaltwalzen, Schaltmotoren, Schaltuhren, Blinkgeräte

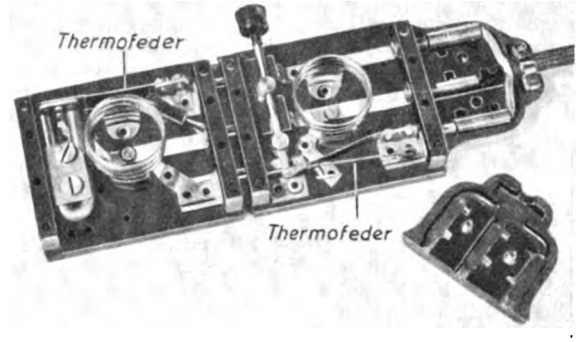
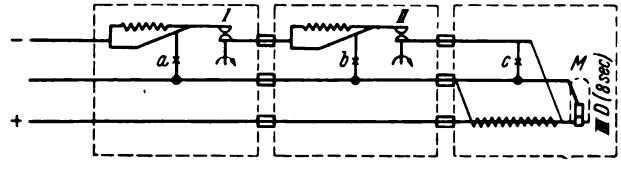


Abb. 1. Endfassung (links) und Anfangsfassung (rechts).

oder dergl. verlangen. Vor allem der Anwendung lebendiger Lichtreklame in der Schaufensterdekoration des Einzelhandels steht diese Tatsache entgegen. In letzter Zeit ist nun der bemerkenswerte Versuch gemacht worden, diese Schaltmechanik erheblich zu vereinfachen durch Anwendung von Thermokontakten, die mit den Fassungen der Beleuchtungslampen zusammengebaut sind und die Vereinigung und Auswechselung mehrerer Schalt- und Lichtelemente



I Thermokontakt der Anfangsfassung
II Thermokontakt der Zwischenfassung
III D Thermokontakt der Endfassung (Dauerkontakt)
M Dauermagnet
a, b, c Lampen

Abb. 2. Schaltbild von drei miteinander verbundenen Schaltfassungen.

durch Fassungsstecker gestatten. Man kann entweder Textworte durch „Buchstabenfassungen" zusammensetzen und die Buchstaben einzeln oder silbenweise oder auch wortweise nacheinander aufleuchten lassen oder einzelne Lampen mit ihren Schaltfassungen hinter Reklametransparenten im Schaufenster aufstellen und so diese Transparente nacheinander aufleuchten lassen. Dadurch wird die Lichtreklame auch der Dekoration im Schaufenster des kleinen Geschäftsmanns zugänglich.

Die Abb. 1 zeigt an zwei Beispielen den Aufbau dieser kombinierten Lampen- und Schaltfassungen, Abb. 2 ein Schaltbild von drei miteinander verbundenen Schaltfassungen. Wir unterscheiden (in Abb. 1 links) die „Endfassung" und die normalen Fassungen (in Abb. 1 nur eine als „Anfangsfassung"); letztere sind völlig gleichartig gebaut. Die Fassungen sind durch dreipolige Stecker

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 1228.

Digitized by Google

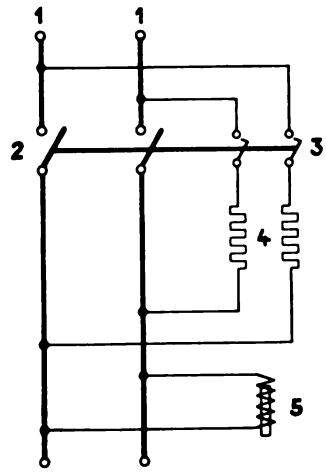
miteinander verbunden; die Anfangsfassung ist mit einer dreipoligen Steckerfassung, wobei der Mittelpol stromlos ist, durch eine Steckerschnur mit dem Lichtnetz verbunden. Zur Verwendung gelangen 15 W-Lampen. Der Thermokontakt der Endfassung ist recht kräftig gehalten und wird normalerweise durch einen Dauermagneten *M* angezogen und in Kontaktschluß gebracht. Beim Einstecken des Netzsteckers ist der Stromkreis (Gleichstrom angenommen) vom +-Pol über Kontakt *III* in der Endfassung, Mittelschiene und Lampe *a* zum —-Pol geschlossen; also leuchtet die Lampe *a* in der Anfangsfassung auf. Gleichzeitig fließt der Strom durch die Thermospule des Thermokontaktes der Anfangsfassung; der Thermokontakt *I* schließt sich. Nunmehr ist der zweite Stromkreis über Lampe *b* geschlossen. Der Thermokontakt *II* schließt ebenfalls und schaltet Lampe *c* der dritten Fassung, in unserem Fall der Endfassung, ein. So leuchten in bestimmten Zeitabständen, die durch eine Einstellschraube an den Thermokontakten für jede einzelne Fassung verschieden lang einstellbar sind (auch Dauerkontakt ist z. B. für „Silben"-Schaltung einstellbar), nacheinander alle Lampen auf. Während der ganzen Zeit ist aber auch die Thermospule des Thermokontaktes *III* der Endfassung eingeschaltet; die Kontaktfeder dieses Endkontaktes biegt sich so weit durch, daß sie 8 s nach der Einschaltung die Kraft des Magneten überwindet und den Kontakt *III* öffnet. Nunmehr erlöschen alle Lampen wieder. Alle Thermokontakte kühlen sich wieder ab und kehren in die Anfangsstellungen zurück, worauf sich das Spiel wiederholt. Eine kräftige Ausführung der Thermospulen zur Erhöhung der Betriebssicherheit ist sehr wünschenswert. *Bz.*

Verkehrstechnik.

621. 3 : 629. 123 (41/42) **Das Fahrgastschiff „Queen Mary".** — Der Cunard - White - Star - Dampfer „Queen Mary", der kürzlich seine erste Ausreise über den Atlantischen Ozean ausführte, ist nicht nur wegen seiner Größe, sondern auch deshalb bemerkenswert, weil er, abgesehen vom Antrieb der Schiffsschrauben, vollelektrisch ausgerüstet ist. Auch die Rudermaschine, die Ladewinden, Gepäckaufzüge, Verhol- und Ankerspills sind elektrisch angetrieben. Die Küchen haben elektrische Herde. Auch elektrische Raumheizung ist vorgesehen. Das führt zu einer eingebauten Gesamtleistung von über 9000 kW, die in zwei getrennten Kraftwerken untergebracht ist. Man könnte das eine im hinteren Maschinenraum liegende Kraftwerk als Kraftwerk für die Hilfsmaschinen und das im vorderen Maschinenraum liegende als Kraftwerk für den Hotelbetrieb des Schiffes bezeichnen. Das erstere enthält vier, das letztere drei Maschinensätze. Jeder Satz liefert 1300 kW Gleichstrom bei 225 V und wird angetrieben von einer zehnstufigen Dampfturbine von 5000 U/min, die durch ein Rädervorgelege auf 600 U/min herabgesetzt werden. Die vier Sätze im hinteren Maschinenraum werden von der Hauptkesselanlage (26 kg/cm²) gespeist, die drei Sätze im vorderen Maschinenraum müssen sowohl im Hafen als auch auf See arbeiten und haben eine Kesselanlage mit Ölfeuerung (16 kg/cm²). Die Notstation am hinteren Ende des Schiffes hat zwei 8-Zylinder-Petroleummaschinensätze von je 75 kW. Für die Speisung der Niederspannungsanlage (Telephon, Klingeln, Feueralarm und Uhren) sind zwei Motorgeneratoren für je 2 kW, 25 V vorgesehen in Verbindung mit einer Nickel-Eisen-Batterie von 100 Ah. Die 225 V-Generatoren sind mit Schalttafeln, die unmittelbar über ihnen stehen, durch starke Kupferschienen verbunden. Die Hauptschalttafel für das Hilfsmaschinenkraftwerk ist 14 m lang und enthält ausschwenkbare Schalter. Die positiven Schalter sind handbetätigt, die negativen ferngesteuert. Die Schalttafel des Hotelbetriebskraftwerkes ist ähnlich, aber 11 m lang. Die Schalttafel in der Notstation ist in ein Generatorfeld und ein Verteilungsfeld geteilt, die getrennt voneinander aufgestellt sind. Sie können elektrisch nur verbunden werden, wenn eine Notmaschine läuft. Das Verteilungsfeld wird gewöhnlich vom Hotelbetriebskraftwerk gespeist, wird aber selbsttätig umgeschaltet auf das Hilfsmaschinenkraftwerk, falls die Stromlieferung von ersterem unterbrochen sein sollte. Schließlich bleibt für den Notfall noch die Schaltung auf die Notmaschinen. Verriegelungen verhindern die Parallelschaltung der verschiedenen Kraftwerke. Abgesehen von den vielen kleinen Motoren zum Antrieb der Lüfter (Fächer) in den Kabinen sind 578 Motoren mit einer Gesamtleistung von 17 816 PS installiert. Davon sind 114 mit 8597 PS für Maschinen- und Kesselräume bestimmt, 254 mit 1507 PS für den Antrieb der Schiffslüfter, 28 mit 5768 PS für die Deckmaschinen, 3 mit 750 PS für das Steuerruder, 115 mit 446 PS für die Küchen, Kühlräume und verschiedene andere Maschinen, 64 mit 743 PS für die Bootswinden, dazu kommen Koch- und Heizeinrichtungen mit 1450 kW, Kabinenheizung mit 420 kW und 29 000 Lampen. 15 Ladewinden sind vorgesehen, sechs davon für eine Hubleistung von 2 t × 1,4 m/s oder 6 t × 0,6 m/s, drei für Post und Gepäck mit einer Leistung von 1 t × 1,5 m/s und sechs für 3 t × 0,2 m/s oder 1,5 t × 0,4 m/s. Wird der Motor eingeschaltet, so löst sich eine magnetische Bremse, die beim Abstellen des Motors wirksam wird. Die Motoren haben Verbundwicklung, deren Nebenschlußteil eine zu hohe Drehzahl bei schwacher Last verhindert. Außerdem sind 24 Bootswinden für die Rettungsboote vorhanden, die von 20 PS-Motoren angetrieben werden. Acht Verholspills und eine Verholwinde mit einer Gesamtleistung von 1900 PS wurden eingebaut, hauptsächlich um das Schiff längs der Ufermauern nach dem Festmachen zu bewegen. Die Geschwindigkeit der Spills kann mittels Leonardschaltung bis auf Null herabgeregelt werden. Für den Ruderantrieb sind drei Motoren von je 250 PS und für die Ankerbewegung zwei Motoren von je 292 PS vorgesehen. Die Rudermaschine arbeitet elektrohydraulisch mit Telmotor versehen. [Electr. Rev. 118 (1936) S. 699.] *A. St.*

Elektrische Antriebe.

621. 316. 577 : 621. 87 **Neue Sicherheitsschaltung bei Krananlagen.** — Unglücksfälle und Beschädigungen traten dadurch auf, daß irgendein Motor des Kranwerkes sich beim Einschalten des Hauptschalters sofort in Bewegung setzte, weil der zugehörige Steuerschalter nicht auf Null stand. Diese Gefahr suchte man durch den sogen. Nullschaltungszwang zu beseitigen. Man legte dann den Stromkreis der Nullspannungsspule des Hauptschalters über besondere Finger des Steuerschalters, die bei Nullstellung eingeschaltet waren, so daß der Hauptschalter nur



1 Zuleitung
2 doppelpoliger Schalter
3 Hilfskontakte
4 ohmsche Widerstände
5 Spannungsrückgangspule
6 Ableitung

Abb. 3. Sicherheitsschaltung für Krananlagen.

eingelegt werden konnte, wenn alle Steuerschalter auf Null standen. Beim Einschalten wurde dann diese Verriegelungsleitung kurzgeschlossen, so daß dann die Steuerschalter aus ihrer Nullstellung verdreht werden konnten, ohne den Stromkreis der Nullspannungsspule dabei zu unterbrechen. Diese Anordnung war aber wegen der besonderen Verriegelungsleitungen und wegen der besonderen Finger teuer und betriebsunsicher. Hinzu kam noch, daß meistens diese Verriegelungsleitung auch bei abgeschaltetem Hauptschalter unter Spannung stand. Zudem erfüllte dieser Nullspannungszwang nur einen Teil der Aufgaben, denn es sollte das Zuschalten auch dann unmöglich sein, wenn irgendein Kurzschluß auf dem Kran besteht. Die bisherigen Fehlerquellen vermeidet die Sicherheitsschaltung System T a d e y, die eine einfache Meßschaltung benutzt und als Meßrelais die an sich schon vorhandene Spannungsrückgangauslösung verwendet, so daß kein neuer Teil gegenüber der bisherigen Anordnung eingebaut werden muß. Diese Meßschaltung arbeitet folgendermaßen:

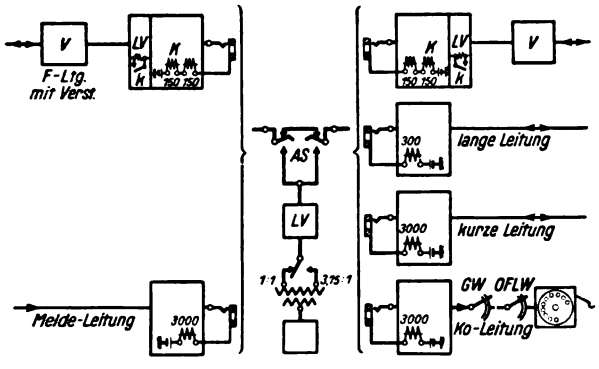
Das einzuschaltende Netz wird zunächst über Vorwiderstände an Spannung gelegt. Hat das Netz jetzt irgendeine Belastung, so knickt die Spannung infolge der vorgeschalteten Widerstände um so mehr ein, je höher die Belastung des Netzes ist. Im Falle eines Kurzschlusses knickt sie bis auf Null ein, bei Belastung Null rufen die

Digitized by Google

Vorwiderstände praktisch keine Spannungsabsenkung hervor. Die Spannungsrückgangauslösung überwacht nun den Grad der Absenkung und damit die Höhe der Belastung. Wird ein Gleichstromnetz beispielsweise über zwei Meßwiderstände von je 1000 Ω eingeschaltet und beträgt die Belastung des Netzes ebenfalls 2000 Ω, so verteilt sich die Betriebsspannung je zur Hälfte auf die Meßwiderstände und auf den Belastungswiderstand. Würde die Nullspannungsspule nun beispielsweise bei halber Betriebsspannung gerade noch das Einschalten gestatten, so wäre hiermit der Grenzzustand festgelegt, wonach bei allen Belastungen des Netzes unter 2000 Ω ein Einschalten nicht möglich wäre, bei Belastungen von mehr als 2000 Ω dagegen das Einschalten durchgeführt werden könnte. Selbstverständlich kann man durch Wahl der Widerstände andere Empfindlichkeiten hervorrufen. Gestattet die Meßanordnung ein Einschalten des Netzes, so wird sie nach dem Einschaltvorgang durch den Schalter selbst kurzgeschlossen. Die Abb. 3 zeigt diese Schaltung: *1* ist die Zuleitung, *2* der doppelpolige kurzschlußfeste Schalter, *3* ein Hilfskontakt mit starker Voreilung, so daß der mit diesem geschaltete Stromkreis schon bei Beginn der Schaltbewegung geschlossen wird, *4* sind die induktionsfreien Meßwiderstände, *5* die Spannungsrückgangspule und *6* die Ableitung zu der Motorverteilung. [Calor-Emag-Mitt. (1936) H. 1, S. 5.] *f.*

Fernmeldetechnik.

621. 395. 3 (431. 25) **Das Fernamt Danzig.** — Am 22. 2. 1936 wurde das neue Fernamt der Freien Stadt Danzig in Betrieb genommen. In Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichspost ist hierfür ein Fernamtsystem entwickelt worden, das sich durch eine einheitliche Ausrüstung aller



V Verstärker *LV* Leitungsverlängerung
K Relais mit Kontakt *k* *AS* Abfragestöpsel

Abb. 4. Verbindungsmöglichkeiten in einem Fernamt mit Endverstärkern.

Plätze und durch gleiche Behandlung aller überhaupt möglichen Verbindungen an den Plätzen auszeichnet. An Stelle der für lange Fernverbindungen bisher hier üblichen Schnurverstärker werden jetzt Endverstärker verwendet, die jeder Leitung fest zugeordnet sind. Die Endverstärker liegen — von der Außenleitung gesehen — vor dem Klinkenumschalter, damit Leitung und Nachbildung bei einer Leitungsumschaltung am Klinkenumschalter nicht voneinander getrennt werden. Die verstärkten Leitungen sind in allen Betriebszuständen abgeschlossen, um ein Pfeifen der Verstärker zu verhindern. Das Fernamt ist für 24 verstärkte und 86 unverstärkte Leitungen eingerichtet. Es können verbunden werden (Abb. 4): Fernleitungen mit Endverstärker untereinander oder mit Ortsleitungen und umgekehrt, Fernleitungen mit Endverstärkern mit Fernleitungen ohne Endverstärker und umgekehrt sowie Fernleitungen ohne Endverstärker untereinander oder mit Ortsleitungen und umgekehrt. Nach der Größe der Dämpfung sind zwei Gruppen von unverstärkten Fernleitungen gebildet worden. Eine unverstärkte Leitung mit über 0,5 Np Dämpfung gilt als „lange" Fernleitung und hat genau wie die verstärkten Fernleitungen in der *c*-Ader das Fernleitungskennzeichen (300 Ω Widerstand). Leitungen mit weniger als 0,5 Np Dämpfung sind „kurz" und haben in der *c*-Ader das Ortsleitungskennzeichen (3000 Ω Widerstand), sie gehören damit zur gleichen Gruppe wie die Ortsleitungen und Meldeleitungen. Auf diese Weise wird erreicht, daß bei der Verbindung zweier Leitungen mit dem 300 Ω-Kennzeichen durch ein Relais in der Leitung mit Endverstärker die zugehörigen Leitungsverlängerungen abgeschaltet (kurzgeschlossen) werden. Gleichzeitig wird jedoch, wenn die abgehende Leitung verstärkt arbeitet, für das Abfragen wieder eine Leitungsverlängerung im Fernplatz für diese Leitung eingeschleift. Die Schaltvorgänge bei der Herstellung einer Verbindung zwischen gleichartigen und auch zwischen ungleichartigen Leitungen werden auf diese Weise vereinfacht bzw. weitgehend einander angeglichen. Treffen zwei Leitungen mit dem Orts-Kennzeichen zusammen, so wird diese Verbindung wie eine Ortsverbindung behandelt. Das Fernamt Danzig enthält 20 Fernplätze, die in 3 Gruppen eingeteilt sind, mit je 5 bzw. 9 einheitlichen Schnurpaaren. In der aus neun Meldefernplätzen mit je neun Schnurpaaren bestehenden A-Gruppe liegen die Meldeleitungen aus dem Stadtgebiet Danzig auf Anruf. Die zweite Gruppe B 1 umfaßt zwei Fernplätze mit je neun Schnurpaaren für die Fernleitung aus dem Freistaatgebiet, und zu der dritten Gruppe B 2 gehören neun weitere Plätze mit je fünf Schnurpaaren für die übrigen Fernleitungen. [H. Rjosk, Siemens-Z. 16 (1936) S. 145.] *Kdn.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 315. 57 : 537. 529 **Zur technischen Beherrschung des Wärmedurchschlages von Heißleitern.** — Unter einem Heißleiter versteht man nach W. Schottky einen Widerstand, der, wie z. B. der Nernststift, in heißem Zustande besser als in kaltem leitet. Ein solcher Heißleiter weist bei geigneter Bemessung von einer gewissen Strombelastung ab eine fallende Stromspannungskennlinie auf, die unter passenden Schaltbedingungen stetig durchlaufen werden kann. Der Heißleiter wirkt also in diesem Gebiet wie ein negativer Widerstand, und es ist bekannt, daß sich solche negativen Widerstände nicht nur für Entdämpfungszwecke, sondern auch für viele Schalt- und Regelzwecke mit Vorteil verwenden lassen. Hierbei besteht manchmal das Bedürfnis nach großer Strombelastbarkeit der Heißleiter, ohne daß ihr Spannungsbedarf und ihre thermische Trägheit gewisse Grenzen überschreiten. Diese Forderungen führen zu Heißleitern, bei denen der eigentliche Widerstandskörper platten- oder scheibenförmige Gestalt hat.

Solche plattenförmigen Heißleiter sind, wie auch Versuche gezeigt haben, durch Wärmedurchschläge gefährdet (trotz der vom Lichtbogen her wohlbekannten Anwendung stabilisierender Vorschaltwiderstände!). Die einzelnen Plattenelemente haben nämlich einerseits bereits jedes für sich eine fallende Stromspannungskennlinie, anderseits sind sie elektrisch parallel geschaltet. Die Parallelschaltung von Elementen mit fallender Kennlinie ist aber — wie ebenfalls bekannt — labil. Die einzelnen Plattenelemente werden sich also im allgemeinen nicht gleichmäßig an der Stromführung beteiligen, sondern eins von ihnen wird bei hoher Temperatur und verhältnismäßig niedriger Spannung den ganzen Strom übernehmen (Glühfaden), während der Plattenrest sich abkühlt. Diesem Bestreben zur Ausbildung von Glühfäden wirkt ein Bestreben zum Ausgleich entgegen, das darauf beruht, daß zwischen verschieden warmen Plattenelementen transversale Wärmeströme fließen: die einzelnen Plattenelemente sind thermisch miteinander gekoppelt.

Die Hauptaufgabe bei der Klärung und Beherrschung der Durchschlagsfragen besteht also bei Heißleitern darin, den Begriff der thermischen Kopplung mengenmäßig zu unterbauen und aus den geometrischen Abmessungen und Materialkonstanten des Heißleiters zu ermitteln, ob Durchschlagsgefahr vorliegt oder nicht. Diese Aufgabe wurde schrittweise gelöst, und zwar wird zunächst eine einfachere Fragestellung behandelt, an der sich der Begriff der thermischen Kopplung besonders gut auseinandersetzen läßt. Es handelt sich um die Parallelschaltung zweier in sich isothermer Heißleiter, zwischen denen eine wärmeleitende Verbindung besteht. Schon hierbei treten die wesentlichen Züge der Erscheinung zutage: oberhalb einer gewissen Strombelastung beginnt die Temperatur des einen Heißleiters zu sinken, die des anderen zu steigen, und die Stromspannungskennlinie dieses neuen Zustandes der beiden Heißleiter zweigt unter endlichem Winkel von der ursprünglichen ab (Abzweigkennlinie). Die ursprüngliche Kennlinie ist zwar jenseits des Abzweigpunktes auch noch vorhanden, aber die ihr entsprechenden Zustände, in denen beide Heißleiter sich auf gleicher Temperatur befinden, sind jenseits des Abzweigpunktes labil und schlagen bei der geringsten Störung in einen der neuen Abzweigkennlinie entsprechenden Zustand um. Dann wird

Digitized by Google

als Vorbereitung zu dem Scheibenproblem ein Streifenproblem behandelt, wobei der Heißleiter eine im Verhältnis zu seiner Breite geringe Höhe und unendlich kleine Tiefenausdehnung besitzt, während sich nach beiden Seiten bandförmige Ableitungen anschließen. Für diesen Fall, der ein eindimensionales Problem darstellt, lassen sich die Abzweig p u n k t e mit Hilfe der Eigenwerte einer durch Beschränkung auf kleine transversale Temperaturunterschiede linearisierten Differentialgleichung berechnen, während die Berechnung der besagten Abzweig k e n n l i n i e n die Integration der vollständigen Differentialgleichung für die transversale Temperaturverteilung mit Hilfe elliptischer Funktionen erfordert. Ein transversaler Wärmeaustausch wird hierbei zunächst nur in den Heißleiterstreifen, aber nicht in den Ableitungen berücksichtigt. Im weiteren wird diese Einschränkung fallengelassen und mit dieser Verallgemeinerung statt des Streifens sogleich die Kreisscheibe mit zylindrischen Ableitungen behandelt. Das Eigenwertverfahren liefert hier auch die Bestimmung der Abzweigpunkte in verhältnismäßig einfacher Weise, während die Bestimmung der ganzen Abzweigkennlinien in geschlossener Form bei der Kreisscheibe nicht gelungen ist. Die physikalische Deutung der gewonnenen Ergebnisse wird durch Betrachtung von Heißleitern mit Wärmeableitungszylindern, in denen der seitliche Wärmeaustausch nicht in ganzer Länge, sondern nur streckenweise möglich ist, erleichtert. Schließlich wird der Einfluß angedeutet, den eine bisher ausgeschlossene Kühlung des Plattenrandes sowie die gleichfalls bisher nicht berücksichtigte axiale Anisothermie der Scheibe haben wird. Auch die Rolle kleiner Inhomogenitäten des Werkstoffes wird kurz gestreift. [E. S p e n k e, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 15 (1936) S. 92.] *Sb.*

Hochspannungstechnik.

621. 315. 614. 65. 015. 5 **Durchschlagkurve für feste Isolatoren.** — Über die von V. M. M o n t s i n g e r unter dieser Überschrift veröffentlichte Abhandlung[1]) hat Ende Januar 1936 auf der Wintertagung des A.I.E.E. in New York eine lebhafte Aussprache[2]) stattgefunden, bei der verschiedene frühere Arbeiten, darunter auch die von Reinh. J o s t im Arch. Elektrotechn. 23 (1929) S. 305 erschienene Arbeit „Über die Durchschlagfestigkeit einiger fester Isolierstoffe bei Beanspruchung von langer bis zu ganz kurzer Dauer" erwähnt und deren mehr oder weniger gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen von Montsinger erörtert wurden. (Tatsächlich hat Jost bei seinen Versuchen ein ganz ähnliches Verhalten der Durchschlagspannung in Abhängigkeit von der Beanspruchungszeit wie Montsinger festgestellt, und zwar für Exzelsiorleinen, Preßspan und Pertinax, also Stoffe organischer Natur, während andere Stoffe, wie Glas, Porzellan, Glimmer und Mikanit, zwar für kürzeste Beanspruchungszeit — etwa unterhalb 10^{-4} s — auch ein starkes Ansteigen der Durchschlagsspannung zeigten, aber für große Beanspruchungsdauer — über 1 s — nicht den erneuten starken Spannungsabfall entsprechend dem Gebiet *C* von Montsinger erkennen lassen. Allerdings glaubt Jost diesen letzteren Spannungsabfall nur auf Wärmeerscheinungen, also die Beziehung zwischen erzeugter und abgeführter Wärme, zurückführen zu müssen, so daß s. E. der weitere Spannungsabfall unter entsprechenden Versuchsbedingungen eigentlich bei a l l e n festen Isolierstoffen gefunden werden müßte. — Der Berichter.)

Während in der New-Yorker Aussprache von verschiedenen Seiten die drei scharf getrennten Gebiete *A*, *B* und *C* der Durchschlagskurve von Montsinger[1]) (also zunächst starker Spannungsabfall, dann konstante Spannung, endlich erneuter Abfall) als unwahrscheinlich bezeichnet wurden und eher ein stetes Absinken der Durchschlagspannung bzw. nach einem anderen Redner ein völlig konstantes Verhalten, also auch ohne Gebiet *A* zu erwarten sei, stimmten die meisten Redner darin überein, daß tatsächlich für feste Isolierstoffe, mindestens aber für die hier bei ölgetränktem Preßspan vorliegenden Verhältnisse, ein zeitlich sehr ausgedehntes Beanspruchungsgebiet (von etwa 3 µs bis etwa 100 000 µs oder drei Perioden) vorhanden ist, währenddessen die Durchschlagspannung praktisch konstant bleibt. Auch Montsinger selbst legte in seinem Schlußwort den Hauptwert auf die Bestätigung dieser konstanten Durchschlagspannung im Gebiet *B* gegenüber dem Verhalten bei kürzester Beanspruchungsdauer (unterhalb 3 µs), das für die Nutzanwendung der Versuche für den Transformatorenbau im Vergleich zu dem Verhalten von Überspannungsableitern von besonderer Wichtigkeit sei. In der Aussprache kam auch die Fälschung der Versuchsergebnisse durch die Randwirkung wiederholt zur Sprache, die für saubere Messungen unbedingt vermieden werden müsse. Nur für Stoß scheint nach B e l l a s c h i die Randwirkung ohne Einfluß auf die Höhe der Durchschlagspannung zu sein.

Zusammengefaßt ergab die Aussprache, so wünschenswert dabei auch die Anstellung weiterer Versuche im wirklich homogenen Feld und an nicht zusammengesetzten festen und flüssigen Isolierstoffen bezeichnet wurde, doch schon jetzt, daß bei festen Stoffen für Beanspruchungszeiten unter 1 µs eine merkliche Zunahme der Durchschlagspannung stattfindet, diese dann bis zu Zeiten von 10^5 µs (d. h. Dauer einiger Perioden) konstant bleibt und erst für größere Beanspruchungszeiten unter dem Einfluß der Erwärmung weiter (bis auf die Hälfte oder den dritten Teil) absinkt. [Die meisten der in der Aussprache behandelten Fragen dürften durch frühere deutsche Veröffentlichungen[1]) schon weitgehend geklärt sein. Der Berichter.] [Electr. Engng. 54 (1936) S. 399.] *W. W.*

Werkstatt und Baustoffe.

537. 221 : 667. 7 **Die Gefahren der elektrischen Aufladung von Zellhorn bei der Herstellung von Nitrolacken und ihre Verhütung.** — Zellhorn (Zelluloid), bestehend aus nitrierter Zellulose mit 5 % Kampferzusatz, ist nichtleitend und ladet sich bei Reibung oder Druck stark auf. Spannungen bis zu 40 kV wurden an Zellhornplatten beim Herausnehmen aus den Polierpressen gemessen, jedoch niemals eine Zündung des Zellhorns durch hierbei auftretende Funken festgestellt. (Anmerkung des Ber.: Das ist auch durchaus nicht zu erwarten, da zum Zünden z. B. eines Zellhornfilmes, wie sie in den Lichtspieltheatern verwendet werden, eine erhebliche Wärmeenergie erforderlich ist. So lassen sich Lichtspielfilme mit der brennenden Zigarre nur zünden, wenn die Zigarre die Filmstreifenkante berührt, nicht aber, wenn die Zigarre auf dem Filmstreifen in einiger Entfernung von der Kante flach aufliegt.)

Mit der Möglichkeit der Zündung von Zellhorn kann selbst bei Funken aus der Influenzmaschine nur gerechnet werden, wenn Zellhornstaub oder ganz dünne Teilchen am Rande getroffen werden. Zellhornabfälle und alte Filmstreifen, deren silberhaltige Gelatineschicht entfernt ist, werden in ausgedehntem Maße zur Herstellung von Nitrolacken verwendet. Bei Beförderung dieser glasklaren Filmstreifen in Holzkörben treten, besonders wenn die Filmstreifen noch zusammengestampft werden, sehr hohe Spannungen auf, und als wahrscheinliche Ursache von Bränden wird eine Zündung der Lösungsmitteldämpfe nach dem Einfüllen der Zellhornabfälle in das Lösungsmittel durch den elektrischen Funken angenommen. Die Lösungsflüssigkeiten, wie Benzol, Methylalkohol, Amylazetat, Aethylazetat usw., sind nicht nur leicht brennbar, sondern haben auch einen sehr niedrigen Flammpunkt. Als Schutzmaßnahme kommt das Entelektrisieren der Filmstreifen, auch das Einblasen von Wasserdampf in die Arbeitsräume in Frage. Die Erdung der Rührlöffel aus Messing und der metallenen Mischgefäße allein genügt nicht immer; bei Holzgefäßen ohne inneren Beschlag mit Blech ist eine wirksame Ableitung überhaupt nicht möglich. Der Verfasser empfiehlt, außer der Erdung der Gefäße und Werkzeuge, die Filmabfälle in einen geerdeten Drahtkorb zu füllen und vor dem Einschütten in die Lösungsmittel die in den geerdeten Drahtkörben befindlichen Filmabfälle zu entelektrisieren. Auf Grund seiner Versuche schlägt er das Eintauchen der Filmabfälle in ein schwer entflammbares flüssiges „Weichmachungsmittel", wie z. B. Trikresylphosphat, vor. Der „Weichmachungszusatz" beeinflußt nicht die weitere Verwendung für die Lackherstellung. Theoretisch käme zur Entelektrisierung noch die Bestrahlung mit der Quecksilberdampflampe in Frage und Bestrahlung aus Metallflächen, welche mit radioaktivem Salz enthaltenden Lack überzogen sind.

Ob diese letzteren Verfahren für den Gebrauch in Betracht kommen, müßte erst untersucht werden. [H. B e r g e r, Arbeitsschutz (1936) S. 100.] *Al.*

[1]) Vgl. ETZ 57 (1936) H. 16, S. 450.
[2]) Electr. Engng. 54 (1936) S. 399.

[1]) z. B. R. J o s t, Diss. Dresden 1930; ETZ 51 (1930) S. 1374. — H. D i t t e r t, Diss. Dresden 1930.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Der Einfluß des cos φ bei Belastungsänderungen auf die Gestehungskosten der elektrischen Arbeit.

Von H. Marzahl VDE, Halle a. S.

621. 311. 1. 018. 14. 003. 1

(Schluß von S. 952.)

Es bleibt noch die Bestimmung des Exponenten n der Gl. (11) übrig. Die Wirkarbeit nach der Gl. (14) ist auch gegeben durch $T\,L_{W_s}\,m_w$ oder nach Abb. 3 gleich dem Belastungsfaktor m_w, weil die Höchstlast $L_{W_s} = 1{,}0$ und die Gesamtdauer $T = 1{,}0$ gesetzt ist. Es läßt sich also n aus der Gleichung

$$\frac{n + L_{W_m}}{1 + n} = m_w \qquad (16)$$

Nachdem nunmehr das Schwanken der Blindlast über den Tag in der Gestehungskostenformel erfaßt und die Möglichkeit des Vergleiches der theoretischen Kosten mit den Tarifen gegeben ist, soll untersucht werden, wie weit die Ergebnisse nach Gl. (8) von denjenigen nach Gl. (1) abweichen. Hierzu dient am besten ein Beispiel: Es sei

$a = 80$ RM/kW und Jahr,
$b = 6$ RPf/kWh und
$F_{V_w} = 20$ % der Wirkarbeit.

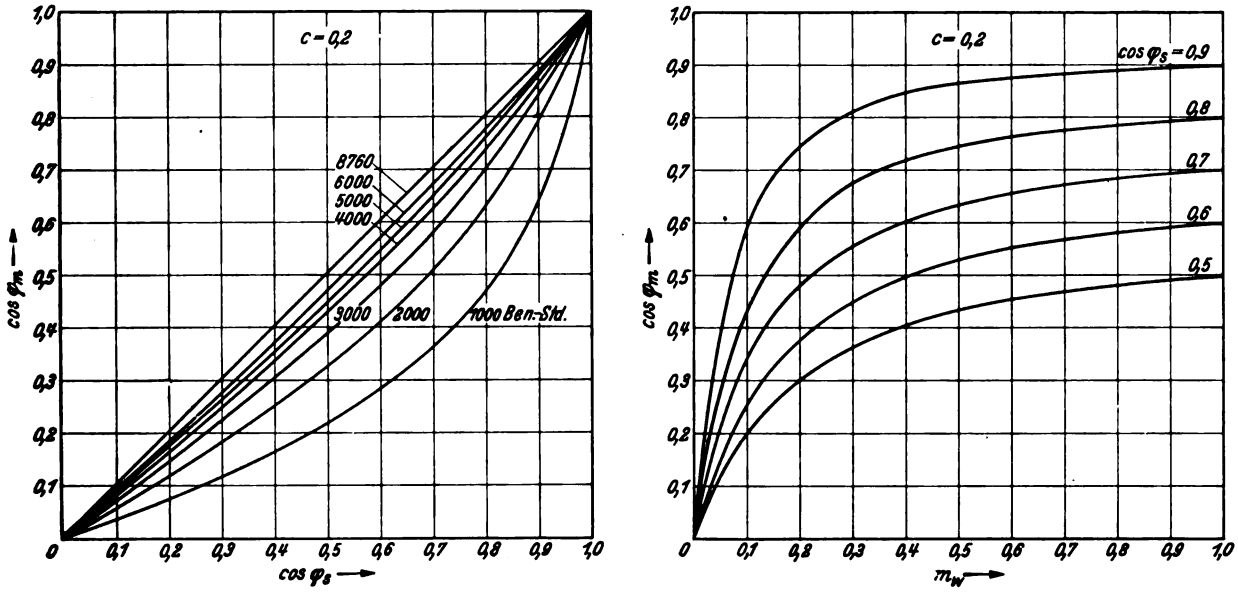


Abb. 4. Der mittlere cos φ in Abhängigkeit vom Spitzen-cos φ und von dem Belastungsfaktor bei der Netzkonstante $c = 0{,}2$.

berechnen; es ergibt sich

$$n = \frac{m_w - L_{W_m}}{1 - m_w}. \qquad (17)$$

Setzt man den Wert für n nach Gl. (17) in die Gl. (15) ein, so erhält man folgenden einfachen Ausdruck für die Bestimmung des mittleren cos φ aus dem cos φ zur Zeit der Höchstlast

$$\cos\varphi_m = \left.\sqrt{\frac{1}{f^2\left(\frac{1}{\cos^2\varphi_s} - 1\right) + 1}}\right\}. \qquad (18)$$
$$f = 1 + c\left(\frac{1}{m_w} - 1\right)$$

Der Umrechnungsfaktor f ist also von der Netzkonstante c und dem Belastungsfaktor abhängig, und zwar wird er um so größer, je größer die Netzkonstante und je kleiner der Belastungsfaktor ist. In den Abb. 4 und 5 ist für die Netzkonstante $c = 0{,}2$ und $c = 0{,}3$ der sich aus der Gl. (18) ergebende mittlere cos φ einmal abhängig von cos φ_s für verschiedene Jahresbenutzungsstunden und ein zweites Mal für bestimmte cos φ_s-Werte abhängig von dem Belastungsfaktor m_w aufgetragen. Man sieht, daß gerade im Bereich niedriger Benutzungsdauer der mittlere cos φ vom Spitzen-cos φ stark verschieden ist, während der Abstand im Bereich hoher Belastungsfaktoren schnell abnimmt.

Die Werte für c_e wurden der Arbeit von Nissel[12]) entnommen. Der Rechnungsgang ist folgender: Zunächst werden die Gestehungskosten nach Gl. (8) berechnet; sie sind

$$s = \frac{8000\,c_e}{h\cos\varphi_s} + 6\left[1 + 0{,}2\left(\frac{1}{\cos\varphi_s}\,\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w} - 1\right)\right].$$

Die Werte für c_e und $\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$ sind in Zahlentafel 1 für verschiedene cos φ_s-Werte und die jährliche Spitzenbenutzungsdauer von $h = 1000$, 2000 und 5000 h zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Werte für c_e und $\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$

cos φ_s			1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
c_e			1,000	0,961	0,929	0,896	0,869	0,855
$c = 0{,}2$	$\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$ bei	$h = 1000$	1,000	1,513	1,974	2,373	2,730	3,021
		$h = 2000$	1,000	1,238	1,451	1,639	1,803	1,941
		$h = 5000$	1,000	1,046	1,087	1,123	1,155	1,182
$c = 0{,}3$	$\frac{\vartheta_s}{\vartheta_w}$ bei	$h = 1000$	1,000	1,950	2,801	3,550	4,201	4,760
		$h = 2000$	1,000	1,408	1,773	2,093	2,375	2,610
		$h = 5000$	1,000	1,073	1,138	1,195	1,245	1,288

Hiermit erhält man die in Zahlentafel 2 aufgeführten Gestehungskosten abhängig vom Spitzen-cos φ in RPf/kWh.

[12]) Vgl. Fußnote 1.

Digitized by Google

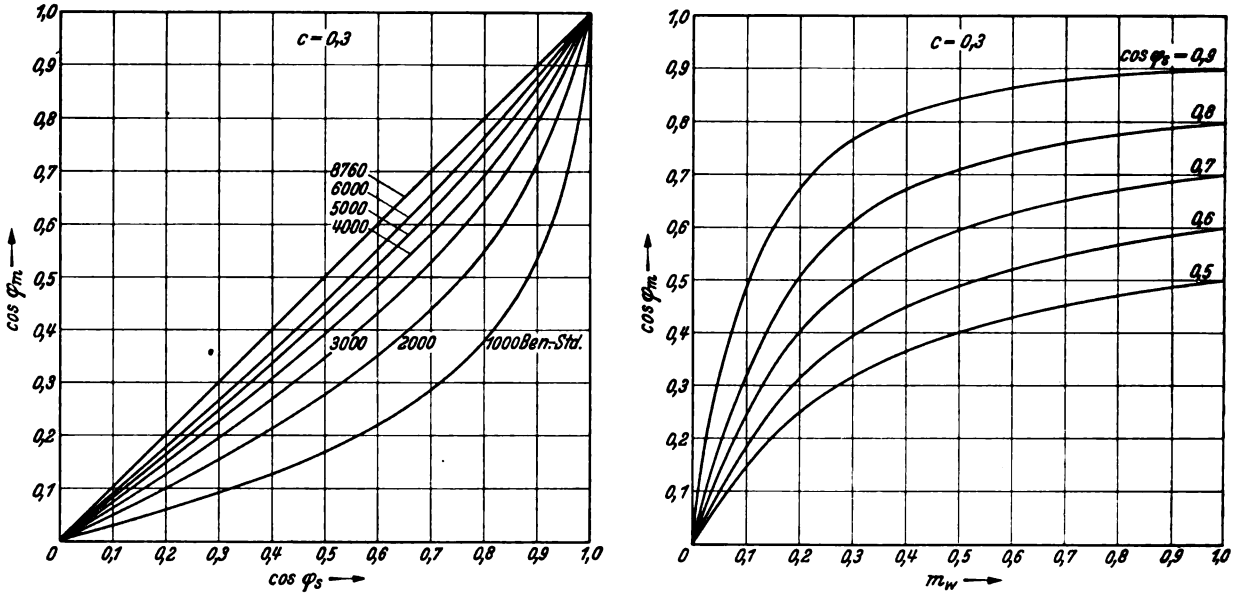


Abb. 5. Der mittlere cos φ in Abhängigkeit vom Spitzen-cos φ und von dem Belastungsfaktor bei der Netzkonstante $c = 0{,}3$.

Zahlentafel 2. Feste Kosten s_f, veränderliche Kosten s_v und gesamte Kosten s in RPf/kWh nach Gleichung (8) für Spitzen-cos φ.

		cos φ_s	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
		s_f	8,00	8,54	9,29	10,25	11,58	13,67
	$h = 1000$	s_v	6,00	6,81	7,76	8,85	10,27	12,06
		s	14,00	15,35	17,05	19,10	21,85	25,73
		s_f	4,00	4,27	4,64	5,12	5,79	6,83
$c = 0{,}2$	$h = 2000$	s_v	6,00	6,45	6,98	7,60	8,42	9,46
		s	10,00	10,72	11,62	12,72	14,21	16,29
		s_f	1,60	1,71	1,86	2,05	2,32	2,73
	$h = 5000$	s_v	6,00	6,20	6,45	6,74	7,11	7,65
		s	7,60	7,91	8,31	8,79	9,43	10,38
		s_f	8,00	8,54	9,29	10,25	11,58	13,67
	$h = 1000$	s_v	6,00	7,40	9,00	10,86	13,20	16,22
		s	14,00	15,94	18,29	21,11	24,78	29,89
		s_f	4,00	4,27	4,64	5,12	5,79	6,83
$c = 0{,}3$	$h = 2000$	s_v	6,00	6,69	7,46	8,39	9,56	11,08
		s	10,00	10,96	12,10	13,51	15,35	17,91
		s_f	1,60	1,71	1,86	2,05	2,32	2,73
	$h = 5000$	s_v	6,00	6,22	6,51	6,86	7,30	7,90
		s	7,60	7,93	8,37	8,91	9,62	10,63

Will man die Gestehungskosten auf den mittleren cos φ während der Zeitdauer der Abnahme beziehen, so ist in der Zahlentafel 2 der Spitzen-cos φ durch cos φ_m unter Anwendung der Gl. (18) oder der Abb. 4 und 5 zu ersetzen, z. B. entspricht cos $\varphi_s = 0{,}8$ bei $c = 0{,}2$ und $h = 2000$ h nach Abb. 4 cos $\varphi_m = 0{,}63$. Die sich dann ergebenden gesamten Gestehungskosten sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt.

Zahlentafel 3. Gesamte Gestehungskosten s in RPf/kWh für den mittleren cos φ.

	$h = 1000$	cos φ_m	1,00	0,64	0,47	0,36	0,28	0,22
		s	14,00	15,35	17,05	19,10	21,85	25,73
$c = 0{,}2$	$h = 2000$	cos φ_m	1,00	0,79	0,63	0,51	0,41	0,33
		s	10,00	10,72	11,62	12,72	14,21	16,29
	$h = 5000$	cos φ_m	1,00	0,88	0,76	0,65	0,55	0,45
		s	7,60	7,91	8,31	8,79	9,43	10,38
	$h = 1000$	cos φ_m	1,00	0,54	0,38	0,29	0,22	0,17
		s	14,00	15,94	18,29	21,11	24,78	29,89
$c = 0{,}3$	$h = 2000$	cos φ_m	1,00	0,71	0,55	0,44	0,35	0,28
		s	10,00	10,96	12,10	13,51	15,35	17,91
	$h = 5000$	cos φ_m	1,00	0,86	0,73	0,62	0,52	0,43
		s	7,60	7,93	8,37	8,91	9,62	10,63

Schließlich sind noch die Gestehungskosten nach Gl. (1) zu berechnen, wobei cos φ nach den eingangs gemachten Ausführungen sowohl den Spitzen-cos φ als auch den mittleren cos φ bedeuten kann. Die hiernach berechneten Kosten sind in Zahlentafel 4 eingetragen.

Zahlentafel 4. Feste Kosten s_f, veränderliche Kosten s_v und gesamte Kosten s in RPf/kWh nach Gl. (1).

cos φ		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
	s_v	6,00	6,13	6,30	6,51	6,80	7,20
$h = 1000$	s_f	8,00	8,54	9,29	10,25	11,58	13,67
	s	14,00	14,67	15,59	16,76	18,38	20,87
$h = 2000$	s_f	4,00	4,27	4,64	5,12	5,79	6,83
	s	10,00	10,40	10,94	11,63	12,59	14,03
$h = 5000$	s_f	1,60	1,71	1,86	2,05	2,32	2,73
	s	7,60	7,84	8,16	8,56	9,12	9,93

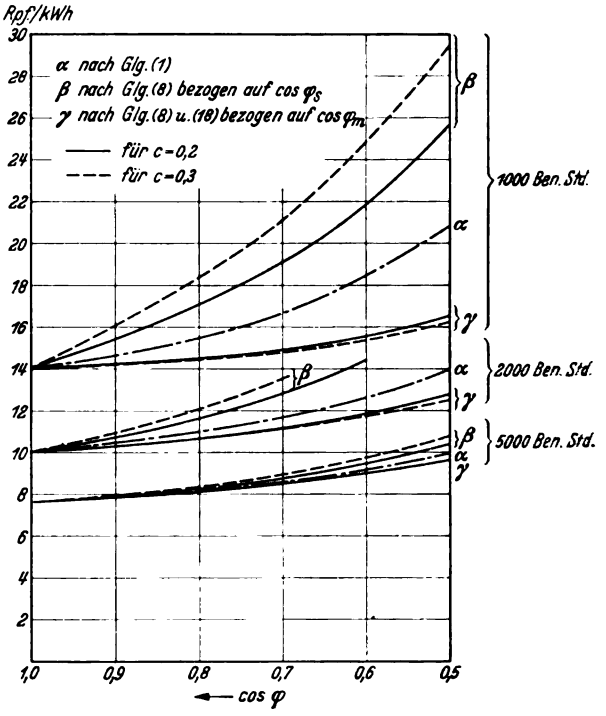


Abb. 6. Vergleich der Gestehungskosten der kWh nach den verschiedenen Berechnungsarten.

Zum Vergleich der verschiedenen ermittelten Kostenwerte dient die Abb. 6, in der die Gestehungskosten abhängig von cos φ für $h = 1000$, 2000 und 5000 h und für die Netzkonstanten $c = 0{,}2$ und 0,3 dargestellt sind. Die mit α bezeichneten Kurven beziehen sich auf die Zahlentafel 4, die mit β bezeichneten auf die Zahlentafel 2 und die mit γ bezeichneten auf die Zahlentafel 3.

Die auf der Abszisse aufgetragenen cos φ-Werte beziehen sich je nach dem zu ziehenden Vergleich einmal

Digitized by Google

auf cos φ der Spitzenlast, ein anderes Mal auf den mittleren cos φ. Im ersten Falle ist in Gl. (1) $\cos\varphi_s$ eingesetzt, dann stimmen wohl die festen Kosten, doch sind die veränderlichen zu niedrig, infolgedessen ergibt die Gleichung zu niedrige Gestehungskosten; es sind die Kurven α und β miteinander zu vergleichen. Im zweiten Falle ist in Gl. (1) $\cos\varphi_m$ eingesetzt, dann sind wohl die veränderlichen Kosten richtig berechnet, doch die Werte der festen und somit der gesamten Kosten sind dann zu hoch; es sind die Kurven α und γ zu vergleichen. Man sieht den Einfluß des Belastungsfaktors, der nach dem vorher Gesagten naturgemäß besonders bei niedriger Benutzungsdauer groß ist, dann aber mehr und mehr abnimmt, bis schließlich bei $m_w = 1{,}0$ die Kurven zusammenfallen.

Um auch die Einwirkung der Netzkonstante c zu zeigen, sind die Gestehungskosten für $c = 0{,}2$ und 0,3 eingetragen. Während im ersten Vergleich (Kurven α u. β) eine größere Netzkonstante die Kosten zusätzlich nochmals erheblich erhöht, setzt sie im zweiten Falle (Kurven α u. γ) die Kosten in allerdings geringem Maße herab, was auf den Einfluß des Umrechnungsfaktors f zurückzuführen ist. Im übrigen wird auch der Einfluß der Netzkonstante um so kleiner, je größer der Belastungsfaktor wird. Da im allgemeinen in den Tarifen, schon wegen der einfachen Messung, mit dem mittleren cos φ gerechnet wird, so wird auch die Darstellung der Gestehungskosten abhängig von $\cos\varphi_m$ die übliche sein, d. h. es sind nach Gl. (8) die gerechten Gestehungskosten für $\cos\varphi_s$ zu ermitteln und dann mit Hilfe der Gl. (18) bzw. der Abb. 4 und 5 abhängig vom mittleren cos φ darzustellen. Daß nun gerade bei der Darstellung der Gestehungskosten abhängig vom mittleren cos φ, wie im allgemeinen für die Beurteilung der Tarife nötig, eine nur sehr geringe Abhängigkeit der Kosten von der Netzkonstante c innerhalb der in Deutschland üblichen Werte ($c = 0{,}2$ bis 0,25) vorhanden ist, gibt dem Berechnungsverfahren eine größere Sicherheit; es genügt hiernach im allgemeinen, wenn man mit der Netzkonstante $c = 0{,}2$ rechnet. Das Beispiel lehrt also, daß man nach der bisher üblichen Berechnungsweise, nach der für die festen wie auch für die veränderlichen Kosten mit gleichem cos φ gerechnet wird, entweder zu niedrige oder zu hohe theoretische Gestehungskosten erhält, je nachdem man mit dem Spitzen-cos φ oder dem mittleren cos φ rechnet.

Zusammenfassend ist zu sagen: Zur Ermittlung der gerechten theoretischen Gestehungskosten ist es nicht richtig, für die Berechnung des Arbeitspreises denselben cos φ zu verwenden wie für die Berechnung der sogenannten festen Kosten. Im allgemeinen weicht der aus der Blind- und Wirkarbeit errechnete mittlere cos φ von dem cos φ zur Zeit der Höchstlast ab. In normalen Netzen mit vielen Transformatoren ist er niedriger. Hierauf aufbauend ist die Gestehungskostengleichung so aufgestellt worden, daß einer gerechten Preisgestaltung entsprechend für die sogenannten festen Kosten der $\cos\varphi_s$ berücksichtig wird, bei den veränderlichen Kosten aber mittels Arbeitsverlustfaktoren den tatsächlichen Wirk- und Blindstromwärmeverlusten Rechnung getragen wird. Die so für den Spitzen-cos φ ermittelten Gestehungskosten können auch durch die angegebene Umrechnung abhängig von dem mittleren cos φ dargestellt werden, wodurch ein Vergleich mit den verschiedenen Tarifen, die den mittleren cos φ zur Grundlage haben, möglich ist.

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Deutscher Elektro-Außenhandel Januar—Juni 1936. — Die deutsche Elektroausfuhr betrug im ersten Halbjahr 1936 117,1 Mill RM und liegt damit 12 Mill RM oder 11,4 % über dem Ausfuhrwert des ersten Halbjahres 1935. — Von den in Zahlentafel 1 dargestellten Warengruppen haben vor allem die Maschinen (außer Lichtmaschinen), Kabel und isolierte Drähte, drahtlose Telegraphie und Telephonie, Ma-

Zahlentafel 1. Deutscher Elektro-Außenhandel nach Warengruppen.

Pos.	Gegenstand	Ausfuhr 1. Halbjahr			Anteil an der Gesamt-Elektroausfuhr 1. Halbjahr			Einfuhr 1. Halbjahr			Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr 1. Halbjahr		
		1934 1000 RM	1935 1000 RM	1936 1000 RM	1934 %	1935 %	1936 %	1934 1000 RM	1935 1000 RM	1936 1000 RM	1934 %	1935 %	1936 %
907a	Lichtmaschinen, Lichtzündmasch.usw	2 403	1 480	1 447	2,3	1,4	1,2	24	33	11	0,2	0,3	0,1
b—g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren usw.	9 253	10 577	12 464	8,9	10,1	10,7	1 748	1 067	683	13,6	9,9	8,0
h	Anker, Kollektoren[1]	1 202	1 162	1 346	1 2	1,1	1,1	46	95	26	0,3	0,9	0,3
	zusammen Maschinen	*12 858*	*13 219*	*15 257*	*12,4*	*12,6*	*13,0*	*1 818*	*1 195*	*720*	*14,1*	*11,1*	*8,4*
908a, b	Akkumulatoren	1 098	1 185	1 240	1,0	1,1	1,0	139	123	18	1,1	1,1	0,2
909	Kabel	5 557	5 074	5 836	5,3	4,8	5,0	427	384	535	3,3	3,5	6,3
890a	Isolierter Draht f. d. Elektrotechnik	4 629	5 310	6 458	4,5	5,1	5,5	387	125	250	3,0	1,2	2,9
	zusammen Kabel und Draht	*10 186*	*10 384*	*12 294*	*9,8*	*9,9*	*10,5*	*814*	*509*	*785*	*6,3*	*4,7*	*9,2*
910a—c	Bogenlampen, Scheinwerfer usw.	558	676	209	0,5	0,6	0,2	159	56	19	1,2	0,5	0,2
911a, b	Glühlampen	4 179	4 049	3 787	4,0	3,9	3,2	1 822	2 162	2 420	14,2	20,0	28,4
912A 1, 2	Telegraphie u. Telephonie mit Draht	5 578	8 044	7 313	5,4	7,7	6,3	233	203	171	1,8	1,9	2,0
A 3	Drahtlose Telegraphie u. Telephonie	11 148	9 301	11 013	10,7	8,8	9,4	3 870	3 242	1 842	30,1	30,0	21,6
A 4	Meß-, Zähl- u. Registriervorrichtungen	9 265	9 295	9 356	8,9	8,8	8,0	780	505	671	6,1	4,7	7,9
B, C	Koch- u. Heizapparate einschl. Bügeleisen	3 321	3 370	3 569	3,2	3,2	3,0	147	109	74	1,1	1,0	0,9
D	Röntgenröhren	1 760	1 479	1 576	1,7	1,4	1,4	191	103	180	1,5	1,0	2,1
E	Magnetzündapparate usw., Zubehör für Motorfahrzeuge	4 943	4 619	5 346	4,8	4,4	4,6	287	218	105	2,2	2,0	1,2
F 1	Sicherungs- u. Signalapp., Läutewerke	1 746	1 742	2 904	1,7	1,7	2,5	59	20	14	0,5	0,2	0,2
F 2	Schaltapp. usw., nicht bes. ben. Vorrichtungen f. Beleuchtung, Kraftübertragung usw.	22 839	23 767	27 072	21,9	22,6	23,1	1 639	1 594	958	12,8	14,7	11,3
F 3	Elektromedizin	4 321	5 119	6 106	4,1	4,9	5,2	306	298	229	2,4	2,8	2,7
F 4	Galvanische Elemente	727	642	842	0,7	0,6	0,7	13	3	1	0,1	0,0	0,0
F 5	Isolationsgegenstände aus Porzellan[2]	.	.	.	.	.	.	19	4	—	0,1	0,0	.
F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Glimmer usw.	168	123	108	0,2	0,1	0,1	1	1	—	0,0	0,0	—
F 7	Isolierröhren f. el. Leitg. aus Papier od. Pappe, auch i. Verb. m. unedlen Metallen[3]	450	599	573	0,4	0,6	0,5	.	.	.	.	.	.
Aus 795, 799	Andere Isolierrohre (Stahl-, Peschel-, Schlitzrohr)[3]	902	1 047	1 008	0,9	1,0	0,9	.	.	.	.	.	.
648a—e	Kohle für die Elektrotechnik	5 241	4 272	4 887	5,0	4,1	4,2	288	175	109	2,2	1,6	1,3
733a	Porzellanisolatoren	933	837	751	0,9	0,8	0,6	—	—	—	—	—	—
aus 906D 15	Staubsauger	1 829	1 214	1 667	1,8	1,2	1,4	224	284	195	1,8	2,6	2,3
915b 4	Elektrokarren[3]	37	56	184	0,0	0,0	0,2	.	.	.	.	.	.
783c, 799c	Teile v. Masch. u. Erzeugn. d. Nr. 907a bis 911b aus schmiedbarem u. nicht schmiedbarem Guß[3]	.	.	.	.	.	.	49	16	10	0,4	0,1	0,1
	unvollständig angemeldet	9	15	19	0,0	0,0	0,0	—	—	—	—	—	—
	Insgesamt	104 096	105 054	117 081	100	100	100	12 858	10 820	8 521	100	100	100

[1]) Ausfuhr: auch andere Teile von elektr. Maschinen. [2]) Nur für die Einfuhr. [3]) Nur für die Ausfuhr.

Digitized by Google

Zahlentafel 2. Deutsche Elektro-Ausfuhr Januar—Juni 1936.

Absatzländer	1. Halbjahr			Anteil a. d. Gesamt-Elektroausfuhr 1. Halbjahr		
	1934	1935	1936	1934	1935	1936
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Europa	82 530	81 679	86 963	79,3	77,7	74,3
Afrika	2 239	3 061	3 690	2,2	2,9	3,1
Asien	8 272	10 064	12 853	7,9	9,6	11,0
Nord- u. Mittelamerika	1 449	1 791	2 655	1,4	1,7	2,3
Südamerika	9 181	7 845	9 876	8,8	7,5	8,4
Australien	411	601	1 036	0,4	0,6	0,9
nicht ermittelt	14	12	8	0,0	0,0	0,0
insgesamt	**104 096**	**105 053**	**117 081**	**100**	**100**	**100**
Nach wichtigen europäischen Ländern[1])						
Niederlande	13 876	13 112	11 379	13,3	12,5	9,7
Schweden	5 916	7 902	10 035	5,7	7,5	8,6
Italien	7 707	7 952	6 756	7,4	7,6	5,8
Großbritannien	4 873	5 531	5 783	4,7	5,3	4,9
Frankreich	8 810	6 874	5 632	8,5	6,5	4,8
Belgien-Luxemburg	5 732	4 690	4 983	5,5	4,5	4,2
Schweiz	5 822	4 639	4 363	5,6	4,4	3,7
Spanien	3 354	3 383	4 058	3,2	3,2	3,5
Norwegen	2 788	3 453	3 676	2,7	3,3	3,1
Österreich	2 238	2 736	3 104	2,2	2,6	2,7
Tschechoslowakei	2 673	2 474	3 089	2,6	2,3	2,6
Finnland	1 607	2 124	2 899	1,5	2,0	2,5
Dänemark	2 930	2 703	2 826	2,8	2,6	2,4
Rumänien	1 092	1 614	2 668	1,0	1,5	2,3
UdSSR.	2 894	1 031	2 622	2,8	1,0	2,2
Polen—Danzig	1 439	1 948	2 314	1,4	1,9	2,0
Griechenland	939	1 921	2 142	0,9	1,8	1,8
Ungarn	533	808	1 758	0,5	0,8	1,5
Jugoslawien	652	895	1 604	0,6	0,9	1,4
Bulgarien	470	1 600	1 594	0,5	1,5	1,4
Portugal	1 227	1 081	1 316	1,2	1,0	1,1
Irischer Freistaat	861	1 158	913	0,8	1,1	0,8
Lettland	542	652	680	0,5	0,6	0,6
Estland	244	275	425	0,2	0,3	0,4
Island	107	125	126	0,1	0,1	0,1
Litauen	332	247	121	0,3	0,2	0,1
sonstige Länder[2])	2 872	751	97	2,8	0,7	0,1
zus. Europa	**82 530**	**81 679**	**86 963**	**79,3**	**77,7**	**74,3**
Nach wichtigen überseeischen Ländern[1])						
Argentinien	5 931	3 364	3 817	5,7	3,2	3,3
Brit.-Indien	2 083	2 462	3 214	2,0	2,4	2,7
Brasilien	1 381	2 148	2 502	1,3	2,0	2,1
China	1 877	2 371	2 497	1,8	2,3	2,1
Brit.-Südafrika	957	1 247	1 681	0,9	1,2	1,4
Türkei	1 188	1 569	1 523	1,1	1,5	1,3
Japan	1 145	1 298	1 521	1,1	1,2	1,3
Ndl.-Indien	833	1 013	1 483	0,8	1,0	1,3
Chile	226	917	1 274	0,2	0,9	1,1
Iran	312	388	1 260	0,3	0,4	1,1
Ägypten	688	1 144	1 228	0,7	1,1	1,1
V. St. Amerika	685	736	1 174	0,6	0,7	1,0
Mexiko	474	633	1 016	0,5	0,6	0,9
Austral. Bund	362	545	962	0,3	0,5	0,8
Peru	128	185	689	0,1	0,2	0,6
Uruguay	1 106	760	666	1,1	0,7	0,6
Palästina	478	500	511	0,5	0,5	0,4
Columbien	220	259	472	0,2	0,2	0,4
Franz.-Marokko	191	202	241	0,2	0,2	0,2
Venezuela	162	116	197	0,2	0,1	0,2
sonstige Länder	1 139	1 517	2 190	1,1	1,4	1,8
zus. Übersee	**21 586**	**23 374**	**30 118**	**20,7**	**22,3**	**25,7**

[1]) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1936.
[2]) Bis März 1935 einschl. Saarland.

gnetzündapparate, Vorrichtungen für Beleuchtung und Kraftübertragung, Elektromedizin, Kohle für die Elektrotechnik mit Mehrausfuhren von 14 bis 22 % in den einzelnen Gruppen zu dieser Entwicklung beigetragen. Wesentlich größer war die prozentuale Ausfuhrsteigerung bei den kleineren Ausfuhrgruppen Elemente, Sicherungs- und Signalapparate, Staubsauger. Bei den Gruppen Meß- und Zählvorrichtungen, Koch- und Heizgeräte, Röntgenröhren, Akkumulatoren konnten die Vorjahrswerte ebenfalls, wenn auch nur um wenige Prozent überschritten werden. Hinter dem Ergebnis des Vorjahres zurückgeblieben ist die Ausfuhr außer bei den oben genannten Lichtmaschinen u. a. noch bei Glühlampen, Telegraphie und Telephonie mit Draht, Isolierrohr, doch liegen in den beiden letztgenannten Gruppen die Ergebnisse über denen von 1934.

Die Betrachtung der geographischen Verteilung der deutschen Ausfuhr (Zahlentafel 2) zeigt weiter die auch schon in den Vormonaten zu beobachtende Entwicklung: Sämtliche Erdteile haben mehr aufgenommen als im Vorjahr, die Zunahme nach Europa (+ 6,5 %) bleibt jedoch hinter der Ausfuhrsteigerung nach Übersee (+ 28,8 %) zurück, und zwar hauptsächlich infolge der Ausfuhrminderung nach den vier großen Bezugsländern Niederlande, Italien, Frankreich und Schweiz.

Nach den übrigen europäischen Ländern (außer Irland, Bulgarien, Litauen) stieg die Ausfuhr, die größten Zunahmen sind wieder nach den östlichen Ländern erzielt worden (UdSSR. und Ungarn über 100 %, Jugoslawien 80 %, Rumänien 65 %, Finnland 35,5 %) es folgen unter den wichtigen Absatzgebieten Schweden mit 27 %, Tschechoslowakei mit 25 %, Polen—Danzig mit 19 %, Österreich mit 13,5 % Mehraufnahme gegen 1935. Die Zunahme nach Übersee betrug insgesamt 28,8 %, und zwar konnte die Ausfuhr nach allen dargestellten Ländern (außer Türkei und Uruguay) gesteigert werden.

Zahlentafel 3. Deutsche Elektro-Einfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1. Halbjahr			Anteil a. d. dt. Elektroeinfuhr 1. Halbjahr		
	1934	1935	1936	1934	1935	1936
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Ungarn	1 236	1 671	1 992	9,6	15,5	23,4
Niederlande	3 697	3 356	1 609	28,8	31,1	18,9
Schweiz	1 371	1 140	1 138	10,7	10,5	13,3
Belgien-Luxemburg	786	423	820	6,1	3,9	9,6
Österreich	772	696	677	6,0	6,5	7,9
Großbritannien	519	370	482	4,0	3,4	5,7
Dänemark	287	340	303	2,2	3,1	3,6
Tschechoslowakei	644	334	297	5,0	3,1	3,5
Frankreich	449	422	279	3,5	3,9	3,3
Schweden	423	285	234	3,3	2,6	2,7
V. St. Amerika	1 017	663	172	7,9	6,1	2,0
Italien	215	194	153	1,7	1,8	1,8
sonstige Länder[2])	1 442	926	365	11,2	8,5	4,3
insgesamt	**12 858**	**10 820**	**8 521**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr Januar—Juni 1936.
[2]) Bis März 1935 einschl. Saargebiet.

Die deutsche Elektro-Einfuhr (Zahlentafel 1 und 3) ist weiter eingeschränkt worden. Sie betrug im ersten Halbjahr 1936 8,5 Mill RM, das sind 2,3 Mill RM oder 21 % weniger als im ersten Halbjahr 1935. In den großen Einfuhrgruppen Maschinen, drahtlose Telegraphie und Telephonie, Schaltgeräte und nicht besonders benannte Apparate war der Rückgang noch größer, während die Einfuhr von Glühlampen, Kabel und Draht, Meß- und Zählvorrichtungen gestiegen ist. Unter den Lieferländern (Zahlentafel 3) steht Ungarn mit steigender Einfuhr an erster Stelle, es folgen die Niederlande, Schweiz, Belgien und Österreich. Zusammen stellen diese fünf Länder 1936 73,1 % der deutschen Elektro-Einfuhr gegen 67,5 % im Jahre 1935.

AUS INDUSTRIE, HANDEL UND GEWERBE.

Handelsregistereintragungen. — Accumulatorenfabrik Wilhelm Hagen, G. m. b. H., Soest: Die Gesellschaft ist unter Ausschluß der Liquidation auf Grund des Gesetzes vom 5. 7. 1934 in eine Kommanditgesellschaft umgewandelt durch Beschluß der Generalversammlung vom 3. 7. 1936. Die Gesellschaft hat am 1. 1. 1936 begonnen. — Bohle & Cie., Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Zweigniederlassung Saarbrücken in Saarbrücken (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Isoliermaterialien und technischen Artikeln sowie die Ausführung von Montagearbeiten mit diesen Materialien. — Ludwig Richter, Elektrotechn. Spezialfabrik, Görlitz: In das Geschäft sind zwei Kommanditisten eingetreten. Die jetzige Kommanditgesellschaft hat am 1. 1. 1936 begonnen. — Weyer & Zander, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Köln (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Starkstromschaltgeräten sowie anderen elektrotechnischen Artikeln.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Durch die Umstellung auf Heimstoffe wird für die Elektrotechnik Aluminium in größerem Maßstabe verwendet. Um einheitliche Richtlinien für die Verwendung dieses Werkstoffes und für die Prüfung der wesentlichsten in Frage kommenden Halbzeuge zu geben, sind nachstehende Entwürfe ausgearbeitet worden:

VDE 0202	„Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik“
DIN VDE 501	„Werkstoffe. Halbzeug aus Aluminium für Elektrotechnik. Technische Lieferbedingungen“
DIN VDE 6420	„Aluminiumdraht rund, gezogen“
DIN VDE 6421	„Aluminiumstangen rund, gezogen“
DIN VDE 6422	„Aluminiumstangen, flach, für Sammel- und Anschlußschienen, gezogen“
DIN VDE 6423	„Aluminiumrohr, nahtlos gezogen“.

VDE 0202 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik“ enthält alle Werte, die für die Prüfung und Abnahme von Aluminium für Leitungen und als Baustoff für Teile zu elektrischen Maschinen und Geräten benötigt werden.

Das Normblatt DIN VDE 501 enthält vorwiegend die Angaben, die der Konstrukteur für die Auswahl der richtigen Werkstoffe benötigt. Für E-Al F 17 ist Abstand davon genommen, einen Wert für die Brinellhärte aufzugeben, weil es nicht möglich ist, diese bei Drähten und dünnsten Stangen zu überprüfen. Es ist noch zu prüfen, ob ein Richtwert genannt werden soll, um gewisse Vergleiche, insbesondere z. B. für die Auswahl der richtigen Legierungen bei Klemmen, ziehen zu können. Gebeten wird um Angabe, ob in weiteren Kreisen die Notwendigkeit für die Nennung eines solchen Wertes, der nicht prüfbar ist, besteht.

Für E-Al F 17 ist ferner mit Rücksicht auf die bestehenden Vorschriften der obere Wert von 23 kg/mm² aufgenommen worden. Wenn jedoch Drähte mit höheren Festigkeitswerten die in diesen Vorschriften genannten Biege-, Wickel- und Klinkprobenprüfungen sowie die Bruchdehnungswerte erfüllen, so bestehen keine Bedenken gegen die Brauchbarkeit von Leitungen aus solchen Drähten. Gebeten wird um Stellungnahme, ob zur Vermeidung von Schwierigkeiten in der Fertigung in den Vorschriften von der oberen Grenze von 23 kg/mm² bei Vornahme und Erfüllung weiterer technologischer Prüfungen Abstand genommen werden kann.

Die Normblätter DIN VDE 6420 bis 6423 enthalten Angaben nur für die Halbzeuge, die für vorwiegend elektrisch beanspruchte Teile verwendet werden. Für Bauteile anderer Art kommen die vom Fachnormenausschuß für Halbzeug aus Nichteisenmetall aufgestellten DIN-Blätter in Betracht.

Einsprüche sind bis zum 11. 10. der Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Entwurf

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

VDE 0202

Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.
§ 1. Geltungsbeginn.
II. Allgemeines.
§ 2. Spezifischer Widerstand.
§ 3. Widerstandsänderung.
III. Sonderbestimmungen.
§ 4. Halbzeug.
§ 5. Leiter für Freileitungen.
§ 6. Leiter für isolierte Leitungen und Kabel.

I. Gültigkeit.

§ 1.
Geltungsbeginn.

Diese Vorschriften treten am ..... in Kraft[1]).
Dieser Termin gilt grundsätzlich für die Herstellung.

II. Allgemeines.

§ 2.
Spezifischer Widerstand.

Aluminiumleitungen müssen, soweit nicht Ausnahmen festgesetzt sind, aus Aluminium für Elektrotechnik hergestellt sein. Aluminium für Elektrotechnik muß einen Reingehalt von mindestens 99,5% nach DIN 1712 und einen spezifischen Widerstand im weich geglühten Zustande von höchstens $1/36\ \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ bei 20° haben. Die Widerstandsbestimmung gilt nur bei einer Werkstoffdicke von mindestens 1 mm.

Bei den Untersuchungen, ob eine Aluminiumleitung aus dem vorgeschriebenen Aluminium hergestellt ist, ist der Querschnitt durch Gewichts- und Längenbestimmung eines einfachen, gerade gerichteten Leiterstückes zu ermitteln, wobei für das Gewicht der Wert von 2,7 kg/dm³ einzusetzen ist, falls keine besondere Feststellung des Gewichtes vorgenommen wird.

§ 3.
Widerstandsänderung.

Der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt ändert sich um 0,00011 Ω für 1° Temperaturunterschied.

III. Sonderbestimmungen.

§ 4.
Halbzeug.

Für Rundstangen, Drähte (nicht für Freileitungen, isolierte Leitungen und Kabel), Rohre, Bleche, Bänder und Streifen gilt nach DIN VDE 501 folgendes:

1	2	3	4	5
Bezeichnung	Zugfestigkeit σ_B kg/mm²	Brinellhärte $(P=2{,}5 \cdot D^2)$ kg/mm² Richtwert	Spezif. Widerstand bei 20° $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ Größtwert: Drähte und Rundaluminium	Größtwert: Profile*), Flachaluminium, Rohre, Bleche, Bänder und Streifen
E-Al F 7	7 bis 9	18	1/36 = 0,02778	1/35,4 = 0,02825
E-Al F 9/11	9 bis 13	28	1/35,4 = 0,02825	1/34,8 = 0,02874
E-Al F 13	13 bis 17	35	1/35,1 = 0,02849	1/34,5 = 0,02898
E-Al F 17	über 17	—	1/34,8 = 0,02874	1/34,2 = 0,02924

*) Die Größe der Querschnitte ist aus dem Gewicht des Halbzeuges unter Annahme eines Einheitsgewichtes von 2,7 kg/dm³ zu bestimmen.

§ 5.
Leiter für Freileitungen.

Für Drähte in blanken, umhüllten oder isolierten Leitungen für Freileitungen und anderen selbsttragenden Leitungen gelten DIN VDE 8200 bzw. 8300.

§ 6.
Leiter für isolierte Leitungen und Kabel.

Isolierte Leitungen und Kabel müssen aus Aluminium mit mindestens 99,3% Reingehalt hergestellt sein, das in

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im ..... Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 1011 u. ....

Digitized by Google

weich geglühtem Zustande bei 20° einen spezifischen Widerstand von höchstens 1/34 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ hat.

Der wirksame Querschnitt von isolierten Leitungen und Kabeln ist durch Widerstandsmessung zu ermitteln. Unter wirksamem Querschnitt ist also nicht der geometrische Querschnitt, sondern der durch Gleichstrommessung bestimmte zu verstehen. Bei der Errechnung des Querschnittes aus dem gemessenen Widerstand wird zur Berücksichtigung der Drahtfestigkeit, der Abweichung in den Drahtdicken und der durch die Verseilung der Drähte bzw. die Verseilung der Adern bedingten größeren Länge für den spezifischen Widerstand der Rechnungswert von 1/33 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ benutzt.

Diese Bestimmungen gelten nicht für Fernmeldekabel.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Aluminiumstangen flach

für Sammel- und Anschlußschienen gezogen

DK 621. 315. 53 Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 6422

Bezeichnung von gezogenen Aluminiumstangen von 30 mm Breite und 5 mm Dicke aus E-Al ....[1]):
Flachstangen 30 × 5 VDE 6422 E-Al ....[1])

1 Breite × Dicke mm	2 Zulässige Abweichung mm Breite	3 Dicke	4 Querschnitt mm²	5 Gewicht kg/m ≈	6 Übliche Lieferlängen[2]) m
12 × 2			24	0,065	
15 × 2			30	0,081	2 bis 4
20 × 2			40	0,11	
15 × 3			45	0,12	
20 × 3			60	0,16	
25 × 3			75	0,20	2 bis 4
30 × 3	± 0,2		90	0,24	
40 × 3			120	0,32	
20 × 5			100	0,27	
25 × 5			125	0,34	
30 × 5			150	0,40	
40 × 5		± 0,1	200	0,54	3 bis 5
50 × 5			250	0,67	
60 × 5			300	0,81	
80 × 5	± 0,3		400	1,08	4 bis 7
100 × 5			500	1,35	
40 × 10			400	1,08	
50 × 10	± 0,2		500	1,35	
60 × 10			600	1,62	
80 × 10			800	2,16	
100 × 10	± 0,3		1000	2,70	4 bis 7
120 × 10			1200	3,24	
160 × 10			1600	4,32	
200 × 10	± 0,5		2000	5,40	
80 × 15			1200	3,24	
100 × 15	± 0,3		1500	4,05	
120 × 15		± 0,15	1800	4,86	über 4
160 × 15			2400	6,48	
200 × 15	± 0,5		3000	8,10	

[1]) Zustand üblich (bei Bestellung angeben):
Dicke 2 bis 5 mm E-Al F 13
Dicke 10 bis 15 mm E-Al F 9/11

[2]) Die obere Begrenzung der Lieferlängen ist mit Rücksicht auf Transportschwierigkeiten festgelegt.

Werkstoff: E-Al DIN VDE 501

Gewicht: 2,7 kg/dm³

Zusätzliche Bedingungen siehe DIN VDE 501

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Werkstoffe

Halbzeug aus Aluminium für Elektrotechnik Technische Lieferbedingungen

DK 621. 315. 53 Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 501

Allgemeines

Bezeichnung von Aluminium für Elektrotechnik mit Zugfestigkeit über 17 kg/mm²: E-Al F 17

1 Bezeichnung	2 Zugfestigkeit σ_B kg/mm²	3 Brinellhärte ($P = 2{,}5\ D^2$) kg/mm² Richtwert[1])	4 Spezif. Widerstand bei 20° Ω mm²/m Größtwert Drähte und Rundaluminium	5 Größtwert Profile[2]), Flachaluminium, Rohre, Bleche, Bänder und Streifen
E-Al F 7	7 bis 9	18	1/36 = 0,02778	1/35,4 = 0,02825
E-Al F 9/11	9 bis 13	28	1/35,4 = 0,02825	1/34,8 = 0,02874
E-Al F 13	13 bis 17	35	1/35,1 = 0,02849	1/34,5 = 0,02898
E-Al F 17	über 17[3])	—	1/34,8 = 0,02874	1/34,2 = 0,02924

[1]) Für die Abnahme nicht verbindlich.

[2]) Die Größe der Querschnitte ist aus dem Gewicht des Halbzeuges unter Annahme eines Einheitsgewichtes von 2,7 kg/dm³ zu bestimmen.

Werkstoff: Reinaluminium 99,5 DIN 1712

Sonderbedingungen

1. Drähte und Seile

Verwendung	Abmessungen und Werkstoff-Eigenschaften
Drähte für Starkstrom-Freileitungen[3])	DIN VDE 8200
Seile für Starkstrom-Freileitungen[3])	DIN VDE 8201 und 8204
Drähte für Fernmelde-Freileitungen	DIN VDE 8300
Drähte für Antennen	(In Vorbereitung)
Drähte für Kabel und isolierte Leitungen	VDE 0202
Drähte für allgemeine Verwendung	DIN VDE 6420

[3]) Bei Verwendung von E-Al F 17 für Freileitungsdrähte darf die Zugfestigkeit 23 kg/mm² nicht überschreiten.

2. Vollprofile in Stangen

Abmessungen:
Aluminiumstangen rund, gezogen, siehe DIN VDE 6421
Aluminiumstangen flach, gezogen, siehe DIN VDE 6422

1 Bezeichnung	2 Rundprofile Durchmessser mm	3 Flachstangen und ähnliche Profile Dicke mm	4 Bruchdehnung δ_{10} mindestens[4]) %
E-Al F 7	alle Abmessungen		22
E-Al F 9/11	3 bis 25	3 bis 10	6
E-Al F 13	bis 10	bis 5	4
E-Al F 17	bis 4,5	—	2

[4]) δ_{10} bedeutet Meßlänge $l = 10\,d$. Bei anderen als kreisförmigen Querschnitten gilt der Durchmesser des dem Stabquerschnitt flächengleichen Kreises.

3. Rohre

Abmessungen siehe DIN VDE 6423

1 Bezeichnung	2 Außen-Durchmesser mm	3 Wanddicke mm	4 Bruchdehnung δ_{10} mindestens %
E-Al F 7	alle Abmessungen		22
E-Al F 9/11	alle Abmessungen	über 1,5	5
E-Al F 13	bis 30	1 bis 1,5	2

Soweit die Bauart der Zerreißmaschine es zuläßt, werden die Rohre als Rundproben zerrissen, wobei in die Rohrenden Dorne eingeführt werden. Für die Bestimmung der Meßlänge gilt der Durchmesser des dem Rohrquerschnitt flächengleichen Kreises. Bei Rohren größeren Durchmessers wird ein Rohrstreifen von 15 bis 20 mm Breite mittels zweier Längsschnitte herausgetrennt, dessen Enden zur sicheren Einspannung kalt flach zu richten sind; innerhalb der Versuchslänge behält der Streifen seine ursprüngliche Flächenkrümmung. Mit Roh-

Digitized by Google

ren unter 1 mm Wanddicke, die nicht mehr als Rundproben zerrissen werden können, wird kein Zugversuch ausgeführt.

4. Bleche, Bänder und Streifen

Abmessungen:

Bleche siehe DIN 1753

Bänder und Streifen siehe DIN 1793

1	2	3
Bezeichnung	Dicke mm	Bruchdehnung δ_{10} mindestens %
E-Al F 7	0,5 und darüber	22
E-Al F 9/11	siehe DIN 1788	
E-Al F 13		

Bleche und Bänder unter 0,5 mm Dicke werden nicht auf Zugfestigkeit und Bruchdehnung geprüft.

Zugversuch nach DIN 1605, für Bleche und Bänder von 0,5 mm Dicke und darüber nach DIN DVM A 114.

Kugeldruckversuch nach Brinell DIN 1605, für Bleche, Bänder und Streifen nach DIN 1781.

Juli 1936 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Aluminiumdraht rund
gezogen

DK 621. 315. 53 Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 6420

Bezeichnung von gezogenem runden Aluminiumdraht von 0,6 mm Durchmesser aus E-Al ....[1]:
Aluminiumdraht 0,6 VDE 6420 E-Al ....[1])

1	2	3	4	5	6	7	8
Durchmesser mm	Zulässige Abweichung mm	Querschnitt mm²	Gewicht kg/1000 m ≈	Durchmesser mm	Zulässige Abweichung mm	Querschnitt mm²	Gewicht kg/1000 m ≈
0,2	± 0,02	0,0314	0,0848	2,5		4,91	13,3
0,3		0,0707	0,191	2,8	± 0,04	6,16	16,6
0,4		0,1257	0,339	3		7,07	19,1
0,5		0,1964	0,530	3,2		8,04	21,7
0,6	± 0,03	0,2827	0,763	3,5		9,62	26,0
0,7		0,3848	1,04	3,8		11,34	30,6
0,8		0,5027	1,36	4	± 0,06	12,57	33,9
1		0,785	2,12	4,5		15,9	42,9
1,2		1,13	3,05	5		19,6	53,0
1,4		1,54	4,16	6		28,3	76,3
1,5	± 0,04	1,77	4,77	8	± 0,07	50,3	136
1,6		2,01	5,43	10		78,5	212
1,8		2,54	6,87	12	± 0,09	113	305
2		3,14	8,48	15		177	477
2,2		3,80	10,26				

[1]) Zustand üblich (bei Bestellung angeben):
für Durchmesser 0,2 bis 0,7 mm: E-Al F 9/11 E-Al F 17[2])
„ „ 0,8 „ 4,5 mm: E-Al F 7 E-Al F 17[2])
„ „ über 4,5 „ 15 mm: E-Al F 7 E-Al F 13

[2]) Für Freileitungsdrähte gilt bei E-Al F 17 als obere Grenze 23 kg/mm².

Für Drähte, die in der Tafel nicht aufgeführt sind, gelten die zulässigen Abweichungen der Drähte mit dem nächst höheren Durchmesser.

Werkstoff: E-Al DIN VDE 501

Gewicht: 2,7 kg/dm³

Lieferart: 0,2 und 0,3 mm Durchmesser auf Lieferrolle 80 DIN VDE 6390
über 0,3 bis 0,5 mm Durchmesser auf Lieferrolle 120 DIN VDE 6390
über 0,5 bis 0,7 mm Durchmesser in Ringen bis 3 kg oder auf Lieferrolle 180 DIN VDE 6390
über 0,7 bis 1,2 mm Durchmesser in Ringen von 5 bis 25 kg
über 1,2 mm Durchmesser in Ringen von 10 bis 45 kg

Zusätzliche Bedingungen siehe DIN VDE 501

Aluminiumstangen rund, gezogen, siehe DIN VDE 6422

August 1936 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Aluminiumrohr
nahtlos gezogen

DK 621. 315. 53 Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 6423

Maße in mm

Bezeichnung von nahtlos gezogenem Aluminiumrohr von 30 mm Außendurchmesser und 2 mm Wanddicke aus E-Al ....[2]):
Aluminiumrohr 30 × 2 VDE 6423 E-Al ....[2])

1	2	3	4	5	6	7	8
Außendurchmesser	Zulässige Abw.	Wanddicke	Innendurchmesser	Zulässige Abw.	Querschnitt mm²	Gewicht kg/m ≈	Widerstand Ω
16	± 0,09	1	14	± 0,09	47,1	0,127	
		1,5	13		69,3	0,187	
		2	12		88,0	0,237	
20	± 0,10	1	18	± 0,10	59,7	0,161	
		1,5	17		87,2	0,235	
		2	16		113	0,305	
		3	14		161	0,435	
25	± 0,10	1,5	22	± 0,10	111	0,299	
		2	21		144	0,390	
		3	19		207	0,560	
30	± 0,10	2	26	± 0,10	176	0,475	
		3	24		255	0,687	
		4	22		327	0,882	
36	± 0,12	2	32	± 0,12	214	0,577	
		3	30		311	0,840	
		4	28		402	1,08	
		5	26		487	1,31	
40	± 0,12	2,5	35	± 0,12	295	0,796	
		3	34		349	0,941	
		4	32		452	1,22	
		5	30		550	1,48	
50	± 0,12	2,5	45	± 0,12	373	1,01	
		3	44		443	1,20	
		4	42		578	1,56	
		5	40		707	1,91	
60	± 0,15	3	54	± 0,15	537	1,45	
		4	52		704	1,90	
		5	50		864	2,33	
70	± 0,15	3	64	± 0,15	632	1,70	
		4	62		829	2,24	
		5	60		1011	2,73	
80	± 0,15	3	74	± 0,15	726	1,96	
		4	72		955	2,58	
		5	70		1178	3,18	
90	± 0,18	3	84	± 0,18	820	2,21	
		4	82		1181	2,92	
		5	80		1355	3,66	

[1]) Die Unrundheit darf die angegebenen Abweichungen nicht überschreiten. Die Mitten vom Außen- und Innendurchmesser der Rohre dürfen nur so weit abweichen, daß die Abweichung von der Wanddicke nicht mehr als ± 10% vom Nennmaß der Wanddicke beträgt.

[2]) Zustand üblich (bei Bestellung angeben):
E-Al F 7 für alle Abmessungen
E-Al F 9/11 für alle Abmessungen mit Wanddicken über 1,5
E-Al F 13 für Abmessungen bis 30 mm Außendurchmesser mit Wanddicken bis 1,5.

Für Durchmesser, die in der Tafel nicht aufgeführt sind, gelten die zulässigen Abweichungen der nächst höheren Durchmesser.

Für Durchmesser und Wanddicken sind an der gleichen Stelle an 2 um 90° versetzte Messungen durchzuführen.

Werkstoff: E-Al DIN VDE 501

Gewicht: 2,7 kg/dm³

Lieferart: Übliche Längen von 3 bis 6 m
Feste Längen mit zulässiger Abweichung + 5 mm bei Längen bis 3 m
Feste Längen mit zulässiger Abweichung + 8 mm bei Längen bis 5 m
Feste Längen mit zulässiger Abweichung + 10 mm bei Längen über 5 m

August 1936 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Aluminiumstangen rund

gezogen

DK 621. 315. 53 Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 6421

Bezeichnung von gezogenen Aluminiumstangen von 16 mm Durchmesser aus E-Al ....[1]):

Rundstangen 16 VDE 6421 E-Al ....[1])

1 Durchmesser mm	2 Zulässige Abweichung mm	3 Querschnitt mm²	4 Gewicht kg/m ≈	5 Übliche Lieferlängen m
3	± 0,04	7,07	0,019	
4		12,57	0,034	
5	± 0,06	19,6	0,053	2 bis 4
6		28,3	0,076	
10	± 0,07	78,5	0,212	
12,5	± 0,09	123	0,331	
16		201	0,543	
20		314	0,848	2 bis 4
22	± 0,10	380	1,026	
25		491	1,33	
30		707	1,91	
36		1018	2,75	2 bis 6
42	± 0,12	1385	3,74	
50		1964	5,30	

[1]) Zustand üblich (bei Bestellung angeben):
E-Al F 7 für alle Durchmesser
E-Al F 9/11 „ Durchmesser 3 bis 25 mm
E-Al F 13 „ „ 3 bis 10 mm
E-Al F 17 „ „ 3 und 4 mm

Für Durchmesser, die in der Tafel nicht aufgeführt sind, gelten die zulässigen Abweichungen der nächst höheren Durchmesser.

Die Unrundheit darf die Hälfte der angegebenen Abweichungen nicht überschreiten.

Werkstoff: E-Al DIN VDE 501

Gewicht: 2,7 kg/dm³

Zusätzliche Bedingungen siehe DIN VDE 501

Aluminiumdraht rund, gezogen, siehe DIN VDE 6420

August 1936 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Elektrowärmegeräte.

Der Ausschuß für Elektrowärmegeräte hat einen Entwurf zu

DIN VDE 4916 „Bratöfen"

aufgestellt. Es sind ferner in

DIN VDE 4910 „Herdeinsätze"

einige Änderungen vorgenommen worden. Die Entwürfe der beiden Normblätter werden nachstehend bekanntgegeben.

Einsprüche sind bis zum 1. Oktober 1936 an die Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Geschäftsführer:

Blendermann.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Elektrowärmetechnik

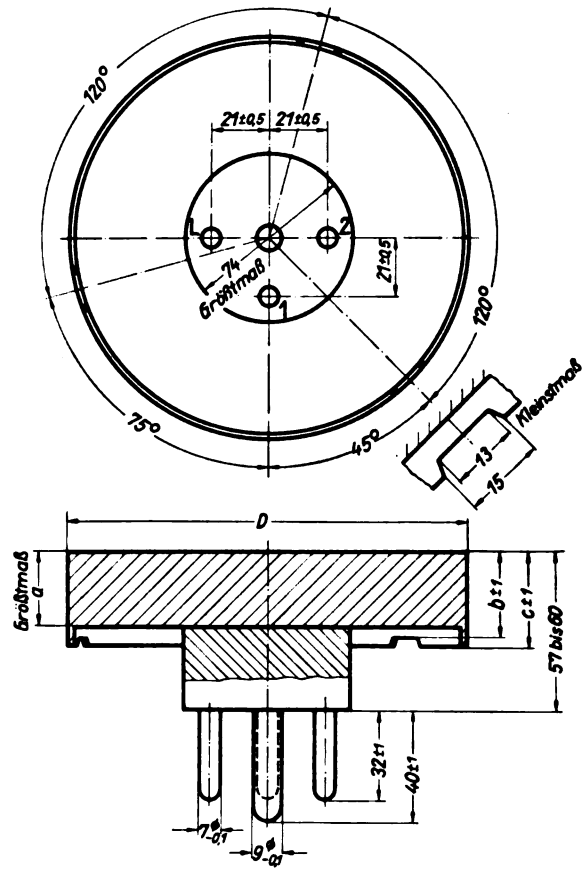
Herdeinsätze

(Herdkochplatten)

DK 621. 364. 5 Elektrotechnik

DIN Entwurf 2. Ausgabe VDE 4910

Maße in mm



Nenndurchmesser D	a Größtmaß	b	c	Nennaufnahme W	Fortkochstufe W
145	30	31 ± 1	34 ± 1	800	200
180	30	31 ± 1	34 ± 1	1200	240
220	30	31 ± 1	34 ± 1	1800	300
300	41	42 ± 1	45 ± 1	2500	560

Die Stifte des Steckers am Herdeinsatz sind ungeschlitzt. Der Mittelstift ist starr befestigt.

Die Hülsen der Steckdose im Herd sind federnd, wobei die Hülsen der Stifte *L*, 1 und 2 begrenzt beweglich sind.

Die Hülse für den Mittelstift ist starr befestigt.

Der Schutzkragen der Steckdose im Herd muß kreisförmig (Kleinstmaß = 80 mm) und so gestaltet sein, daß während des Auswechselns der Herdeinsätze eine zufällige Berührung Spannung führender Teile ausgeschlossen ist.

Die Kontaktstifte dürfen nur mit ihrer nutzbaren Kontaktlänge von 32 ± 1 mm aus dem Stiftsockel herausragen. Etwa vorhandene Bunde und Muttern müssen versenkt angeordnet sein.

Bei ungleichen Stromkreisen *L* — 2 starker Stromkreis
L — 1 schwacher Stromkreis

Die Herdeinsätze müssen VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde, V.W.G." entsprechen.

Einzelkochplatten, Bratpfannen siehe DIN VDE 4911.

Kocher, Öfen, Bügeleisen siehe DIN VDE 4915.

August 1936 Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Digitized by Google

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Elektrowärmetechnik

Bratöfen

Abmessungen

DK 621. 364. 5 Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 4916

Maße in mm

Bratöfen

Innenabmessungen

Breite	330	Zulässige Abweichung ± 2
Nutzbare Höhe . .	220	„ „ + 10
Tiefe	470	„ „ + 25

Ausführung: Innenmantel und Innenseite der Tür emailliert oder mit Rostschutz versehen. Erforderlich sind mindestens 3 Auflageleisten, deren Formgebung und Anordnung die Reinigung nicht erschweren darf.

Einschubteile

Backbleche, Bratroste, Grillpfannen

Außenabmessungen

Breite	325	Zulässige Abweichung ± 1
Länge	460	Größtmaß

Ausführung: Backbleche sollen mindestens 0,75 mm dick sein und mindestens drei 20 mm hohe aufwärts stehende Kanten haben. Die Bratöfen müssen VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde, V. W. G." entsprechen.

August 1936 Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Betr.: Installations-Selbstschalter.

Lt. Mitteilung des Elektrischen Prüfamtes 3 in München entsprechen die nachstehend aufgeführten Installations-Selbstschalter den seit dem 1. 7. 1930 geltenden Leitsätzen für Installations-Selbstschalter (VDE 0640/1930):

Sockel-IS-Schalter der Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft Annaberg, für 10 und 15 A, 250 V Gleichspannung und 380 V Wechselspannung, mit thermischer und hiervon unabhängiger elektromagnetischer Auslöseeinrichtung, mit keramischem Hohlsockel, für vorderseitigen Klemmen- und rückseitigen Bolzenanschluß.

Prüfzeit: März/Juli 1936.

Für Installations-Selbstschalter wird bekanntlich die Genehmigung zur Benutzung des VDE-Zeichens noch nicht erteilt. Installations-Selbstschalter, welche lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München den obenerwähnten Leitsätzen entsprechen, können aber ebenso als verbandsmäßig angesehen werden wie andere Geräte, deren Übereinstimmung mit den VDE-Vorschriften von der VDE-Prüfstelle durch Erteilung der Zeichengenehmigung anerkannt worden ist.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Nordhessen.

Über „Betriebserfahrungen an Kathodenfallableitern" sprach am 8. 5. d. J. Herr Dr. v. Borries VDE, Berlin. Überspannungsschäden infolge von Gewittern stellen einen namhaften Anteil der Gesamtstörungen eines Netzes dar. Schon früh bemühte man sich daher, Maßnahmen zur Bekämpfung solcher Gewitterüberspannungen zu treffen, ohne jedoch hinreichende Kenntnisse über die Natur der Gewitter zu haben. Daher konnten diese älteren Versuche nicht zum Ziele führen. Demgegenüber ergaben sich aus dem heutigen Stand der Kenntnis bestimmte Anforderungen an brauchbaren Überspannungsschutz, die von den neuzeitlichen Ventilableitern erfüllt werden. Da eine große Anzahl solcher Ableiter in Deutschland z. T. schon seit 6 Jahren eingebaut ist, sind bereits Betriebserfahrungen gewonnen worden. Es hat sich herausgestellt, daß Ableiter nur dann mit Erfolg und ohne selbst zu Störungen Anlaß zu geben, arbeiten können, wenn sie gegen Witterungseinflüsse völlig geschützt sind und wenn sie hohen Entladungsströmen sowie auch einer gelegentlichen Erhöhung der normalfrequenten Betriebsspannung widerstehen können. Über das Maß der Störungsbegrenzung durch den Einbau von Ableitern liegen nach statistischen Untersuchungen sehr günstige Ergebnisse vor. Nach den genannten Betriebserfahrungen ergeben sich Gesichtspunkte für den konstruktiven Aufbau und für die Bemessung bezüglich des Stromaufnahmevermögens und der Widerstandsfähigkeit gegen Spannungserhöhungen. In beiden Richtungen sind Fortschritte zu verzeichnen. Die Gleichmäßigkeit der Geräte muß durch eingehende Prüfungen während der Fertigung gewährleistet werden.

Gau Südsachsen.

Am 28. 5. 1936 sprach Herr Rudolf Friedrich VDE, Leipzig, in Chemnitz über „Neuzeitlichen Blitzschutz". Die Bekämpfung der Blitzgefahr hat durch Erforschung des Blitzvorganges erfreuliche Fortschritte gemacht. Die Eigenart der Gewitterelektrizität verlangt gewissenhafte Anschließung aller am und im zu schützenden Gebäude vorhandenen großflächigen Metallteile (Dachrinnen, Heizungen, Eisenkonstruktionen usw.). Daraus ergeben sich die Grundlagen für die praktische Durchführung der neuzeitlichen Gebäudeblitzschutzanlagen, die vom Vortragenden an Modellen, Mustern und Lichtbildern eingehend behandelt wurden.

Schließlich wurde der wissenschaftliche Stand des Wünschelrutenproblems erörtert. Eine rege Aussprache beschloß die interessanten Ausführungen.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Edgar Ullmann †. — Am 25. Juli 1936 ist in Essen nach langer, schwerer Krankheit Herr Dipl.-Ing. Edgar Ullmann VDE im Alter von 57 Jahren gestorben[1]). Ullmann stammte aus Mitau, besuchte dort das Gymnasium und studierte am Polytechnikum Riga sowie an der T. H. Karlsruhe. In der Praxis war er bei den SSW als Berechner von Synchronmaschinen, darauf bei der Gesellschaft zur Überwachung von Dampfkesseln in München-Gladbach tätig. Von 1909 bis 1920 war er Stellvertreter des Direktors des Städtischen Elektrizitätswerkes in Riga und nach nochmaliger kurzer Tätigkeit bei den SSW übernahm Ullmann Anfang 1922 die Leitung der Elektrotechnischen Abteilung des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen zu Essen (Dampfkessel-Überwachungsverein).

Der Verstorbene wurde von diesem Zeitpunkt an ein eifriger Mitarbeiter in den VDE-Kommissionen und Ausschüssen. Bis zu seinem Tode gehörte er den Ausschüssen für Errichtungsvorschriften I und II, für Bergwerksanlagen, für Explosionsschutz und für Drähte und Kabel an. Seinen vielseitigen Erfahrungen verdankt der VDE bei der Aufstellung der Vorschriften viele Anregungen. Auch in zahlreichen anderen Verbänden war er Mitarbeiter, im VDE Gau Ruhr-Lippe Vorstandsmitglied und Vorsitzender des Tech-

[1]) ETZ 57 (1936) H. 32, S. 935.

Digitized by Google

nischen Ausschusses. Der Verstorbene verfügte über ein großes Wissen und hatte ein ruhiges, kritisch abwägendes Urteil. Ein ehrenvolles Gedenken im Kreise seiner Fachgenossen ist ihm gewiß. *A. M.*

J. Biermanns. — Am 15. 8. 1936 feierte Herr Dir. Prof. Dr.-Ing. E. h. Josef Biermanns VDE sein 25jähriges Dienstjubiläum in der AEG, Berlin. In seiner Laufbahn prägt sich der Erfolg einer Vereinigung hervorragender technischer und wissenschaftlicher Fähigkeiten aus. Als er im Jahre 1911 nach Abschluß seiner Studien neunzehnjährig in der Fabrik Brunnenstraße der AEG eintrat, kam er zunächst in das Umspanner-Prüffeld. Im Jahre 1914 erschien im „Archiv für Elektrotechnik" seine erste wissenschaftliche Arbeit, die sich mit der Schutzwirkung von Drosselspulen befaßte. Aus den Fortschritten unserer Erkenntnis in der Überspannungsfrage und vor allem aus der Entwicklung des Überspannungsschutzes ist seine Mitwirkung seither nicht wegzudenken. Kurz darauf fand er sich

J. Biermanns.

durch das Auftauchen der ersten Ölschalterschwierigkeiten den Überstromfragen gegenübergestellt. Über das Wesen der Kurzschlußvorgänge bestanden damals nur sehr unvollkommene Vorstellungen. Biermanns entwickelte in mühevollen Untersuchungen eine vollständige und systematische Theorie der Kurzschlußerscheinungen. Seine Abhandlungen zu dieser Frage wurden die Grundlage zu seinen bekannten Büchern „Die magnetischen Ausgleichsvorgänge in elektrischen Maschinen" und „Überströme in Hochspannungsanlagen", welche dieses Gebiet erst weiteren Kreisen erschlossen haben.

Biermanns betrieb die Theorie nie um ihrer selbst willen; die praktische Seite des Kurzschlußproblems kam vor allem in seinen Versuchen zur Frage der Abschaltleistung von Ölschaltern zur Geltung. Er befaßte sich weiterhin mit dem Schutz elektrischer Hochspannungsnetze gegen Überströme[1]), gab neue Relaisbauformen an, erfand selektive Schutzschaltungen und führte den Distanzschutz ein.

Im Jahre 1926 begann Biermanns die ersten systematischen Versuche an öllosen Schaltern, die über den Wasserschalter zum Druckgasschalter führten. In jüngster Zeit hat er den Transformatorenbau durch die Schaffung gewitterfester schwingungsfreier Bauarten bereichert. — Biermanns wurde im Jahre 1922 zum Prokuristen und 1929 zum Direktor der AEG ernannt. Die T. H. Darmstadt verlieh ihm den Titel eines Dr.-Ing. E. h., die T. H. Berlin ernannte ihn zum Honorarprofessor.

Ths. Norberg Schulz. — Ein auch unter den deutschen Fachgenossen wohlbekannter Norweger, Herr Dir. Ths. Norberg Schulz, konnte am 12. 7. seinen 70. Geburtstag feiern. Norberg Schulz hat die Entwicklung der norwegischen Elektrizitätswirtschaft richtunggebend beeinflußt. Er war Mitbegründer, Betriebsleiter und später Direktor des Elektrizitätswerkes Oslo, das aus bescheidenen Anfängen unter seiner Führung bis zu einem Werk von 100 000 kW Spitzenleistung heranwuchs. Seiner Initiative verdankt es Norwegen, daß sich die Elektrizitätswirtschaft schon frühzeitig unter gesetzlicher Führung entwickeln konnte. Seine reichen Erfahrungen in betriebswirtschaftlichen Fragen und sein gründliches Wissen fanden in einer ganzen Reihe wertvoller Abhandlungen in der ETZ ihren Niederschlag. Frühzeitig schon befaßten sich seine Studien mit dem Verlauf des Belastungsfaktors in elektrischen Netzen; der Begriff der Produktionskurve geht auf Norberg Schulz zurück. Als Gründer der norwegischen Vereinigung der Elektrizitätswerke und als Mitglied zahlreicher anderer, auch ausländischer Vereine und Verbände hat Norberg Schulz eine weitreichende Wirksamkeit entfaltet, die im Jahre 1921 durch Ernennung zum Ehrenvorsitzenden der CIGRE äußere Anerkennung fand. Wenn er auch 1933 sein Amt als Direktor des Wasser- und Elektrizitätswesens Norwegens aus Gesundheitsrücksichten niederlegen mußte, so vermag er doch auch heute noch sich seinen anderen vielseitigen Aufgaben eifrig zu widmen. *Fne.*

[1]) ETZ 40 (1919).

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Gütegrad für elektrische Bratröhren.

Herr Ing. E. Herrmann, Darmstadt, macht mich liebenswürdigerweise darauf aufmerksam, daß in der Zahlentafel 1 auf S. 674 [ETZ 57 (1936) H. 24] die Kennziffer G_2 für Röhre 3 statt 1,37 den Wert 1,89 hat. Dieser Rechenfehler ist dadurch entstanden, daß die Leistung statt durch 1,161 durch 1,61 dividiert wurde. Dadurch wird auch bei dieser Röhre G_2 besser als G_1.

Die Unterschiede in den Werten für G, je nachdem ob die Ausschalt- bzw. Einschaltzeiten oder die gemessenen Werte von Leistung und Arbeit zugrundegelegt werden, erklären sich dadurch, daß die Zeiten mit den verfügbaren Meßgeräten nicht genau genug bestimmt werden konnten. Die Übereinstimmung wird um so besser, je größer die Zahl der Ausschaltungen ist, wie eine diesbezügliche Durchrechnung der Beispiele zeigt.

Wenn die Einschaltzeiten nicht ganz genau bestimmbar sind, wird daher G aus den Einschaltzeiten immer mehr oder weniger von dem G abweichen, das sich aus der mit einfachen Mitteln genau meßbaren Leistung und Arbeit ergibt.

Z aus den Ausschaltzeiten zu bestimmen, ist jedoch notwendig, wenn die Kapazität der Röhre ermittelt werden soll. G nach Herrmann als Quotient „Gesamt- zu Einschaltzeit" bestimmt, kann dann dazu dienen, die Bestimmung von Z auf ihre Genauigkeit zu prüfen und die hierfür notwendigen Versuche zu wiederholen.

Tetschen a. d. Elbe, 3. VII. 1936.

F. Dittrich VDE.

SCHRIFTTUM.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Eingegangene Doktordissertationen.

Walther Dienst, Untersuchungen über die Anlaufverhältnisse von Großmaschinen (Dreschsätze und Gebläse) in der Landwirtschaft im Hinblick auf die Zulassungsbedingungen von Mehrnutmotoren. T. H. Stuttgart. 1935.

Hermann Hirsch, Graphische Bestimmung der aus dem Brinellschen Kugeldruckverfahren sich ergebenden Härtekennzahlen, angewendet auf die Prüfung von Duralumin. T. H. Stuttgart. 1934.

Hermann Vollbrecht, Über die Erscheinungen beim Festfressen von Schraubenverbindungen, die erhöhter Temperatur ausgesetzt waren. T. H. Stuttgart. 1935.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 21. August 1936.

Für den Textteil verantwortlich in Vertretung Hans Winkler VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 3. September 1936 | Heft 36

Die Schaltanlagen, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum.

Von **Enno Hesse VDE**, Wanne-Eickel.

621. 34 : 622. 6 : 621. 316

Übersicht. Nachdem in einem früheren Aufsatz [ETZ 57 (1936) H. 34 S. 967] die Beschreibung des Fördergerüstes, Maschinenhauses und der Maschinensätze einer neuzeitlichen Turmförderanlage gegeben worden ist, folgt nunmehr eine Darstellung der zugehörigen Schaltanlagen sowie der für den Betrieb der Fördermaschine erforderlichen Steuer- und Sicherheitseinrichtungen.

1. Hoch- und Niederspannungsschaltanlage, Kabel und Leitungen.

Die Gesamtschaltung der Anlage ist in Abb. 1 dargestellt[1]); die Bedeutung der einzelnen Geräte ist aus der Zeichenerklärung ersichtlich. Die 5000 V-Schaltanlage befindet sich unmittelbar neben dem Aufstellungsraum des Steuermaschinensatzes, die Wand zwischen beiden Räumen ist als Bedienungsschalttafel ausgebildet. Der 5000 V-Antriebsmotor des Umformers wird durch einen Ölschalter mit angebautem Federkraftspeicher (*2* und *3* der Abb. 1) geschaltet, und zwar in der Weise, daß durch den Betätigungsschalter *14* die Verriegelung der Federn aufgehoben wird. Die Aufladung des Speichers erfolgt durch einen kleinen Hilfsmotor mit selbsttätiger Endschaltung, der durch den Druckknopf *18* gesteuert wird. Außerdem kann das Aufziehen der Federn mit Hilfe einer Handkurbel vorgenommen werden. Notfalls, z. B. beim Bruch mehrerer Federn, ist auch ein unmittelbares Einschalten des Ölschalters mittels eines aufsteckbaren Handhebels möglich. Signallampen zeigen auf der Bedienungstafel außer den Stellungen des Ölschalters an, ob der Kraftspeicher aufgeladen und schaltbereit ist. Das Anlassen des Umformers geschieht durch den Wasseranlasser *19* mit motorischem Antrieb *20*, der über den Selbstumschalter *21* und die Endausschalter *22* durch Hilfskontakte des Ölschalters gesteuert wird. Der Endschalter dieses Motorantriebes betätigt seinerseits nach beendetem Eintauchen der Elektroden des Wasseranlassers den Kurzschlußschalter *23* des Läuferstromkreises. Dieser wiederum besitzt einen Verriegelungskontakt, der nur bei geöffnetem Kurzschlußschalter eine Auslösung des Federregisters am Ölschalter-Kraftspeicher gestattet, so daß das Einlegen des Ölschalters bei kurzgeschlossenem Läufer nicht möglich ist. Durch einen weiteren Verriegelungskontakt ist dafür gesorgt, daß auch der Wasseranlasser tatsächlich seine Endlage erreicht haben muß, also das Anlassen beendet ist, bevor der Kurzschlußschalter betätigt werden kann. Der gesamte Schaltvorgang läuft demnach vom Einlegen des Ölschalters bis zum Schließen des Kurzschlußschalters vollkommen selbsttätig nur durch einmalige Kontaktgabe mit dem Betätigungsschalter *14* ab. Der Ausschaltvorgang vollzieht sich in gleicher Weise selbsttätig durch Auslösen des Haltemagneten am Ölschalter, dessen Hilfskontakte über den Selbstumschalter *21* das Ausfahren des Wasseranlassers und über den Endschalter *22* das Öffnen des Kurzschließers einleiten. Anlassen und Stillsetzen des Steuermaschinensatzes kann in gleicher Weise — ein Vorteil des schwungradlosen Betriebes — vom Stand des Fördermaschinisten aus geschehen. Da naturgemäß der Schaltvorgang jeweils nur von einer Stelle aus eingeleitet werden darf, ist auf der Betätigungstafel der Umschalter *16* eingebaut, der es gestattet, die Betätigungsmöglichkeit entweder auf den Umformerraum oder den Fördermaschinistenstand einzustellen. Auf den übrigen Teil der Schaltanlage, der im wesentlichen im Fördermaschinenhause aufgestellt ist, wird in Verbindung mit den Steuer- und Sicherheitseinrichtungen eingegangen. Bemerkt sei hier nur, daß sämtliche Schaltschütze und die zugehörigen Hilfsgeräte übersichtlich in einem großen Schaltschrank zusammengefaßt sind, dessen Zellonfenster eine Beobachtung der Geräte während des Betriebes gestatten.

Für die Hauptstromleitung zwischen Steuerdynamo und Fördermotor wurden blanke Kupferschienen mit einem Querschnitt von 2000 mm² je Pol gewählt, um eine Anhäufung zahlreicher und schwerer Kabel vor allem auf dem lotrechten Wege zum Turmfördermaschinenhaus zu vermeiden. Die Erregerleitungen sind als blanke Kupferschienen von 300 mm² Querschnitt je Pol in ähnlicher Weise wie die Hauptstromleitungen verlegt. Alle übrigen Verbindungen zwischen Umformerhaus und Turmfördermaschine, wie die Leitungen der Steuer-, Signal-, Verriegelungs- und Sicherheitsstromkreise, bestehen aus normalen eisenbandbewehrten Mehrleiter-Bleikabeln. Im übrigen ist auch die gesamte Installation in beiden Maschinenhäusern in bewehrten Bleikabeln hergestellt. Sämtliche Leitungsenden sind zu Klemmbrettern geführt und dort übersichtlich angeschlossen, so daß eine einfache Verfolgung und Prüfung der Leitungen möglich ist. Insgesamt sind drei solcher Klemmbretter vorhanden, die staubdicht unter Blechhauben stehen.

2. Teufenzeiger, Fahrtregler und Tachograph.

Der Teufenzeiger[2]) hat die Aufgabe, dem Fördermaschinisten die jeweilige Stellung der Förderkörbe im Schacht anzuzeigen. Entsprechend einem aufgehenden und einem abgehenden Förderkorb ist der Teufenzeiger mit zwei Spindeln ausgerüstet, die mit Hilfe von Wandermuttern auf- und abgehende Zeiger über eine den Schacht im verkleinerten Maßstabe darstellende Skala bewegen.

Am Teufenzeiger sind ferner Strom- und Spannungszeiger für den Fördermotor angebracht. Außer der üblichen mechanischen Einstellvorrichtung ist der Teufenzeiger noch mit einer elektrischen Einstellvorrichtung versehen. Diese gestattet es dem Fördermaschinisten,

[1]) Über die Signaleinrichtungen und Seilfahrtschaltung wird in einem weiteren Aufsatz berichtet werden.

[2]) Siehe ETZ 57 (1936) H. 34, S. 968.

Digitized by Google

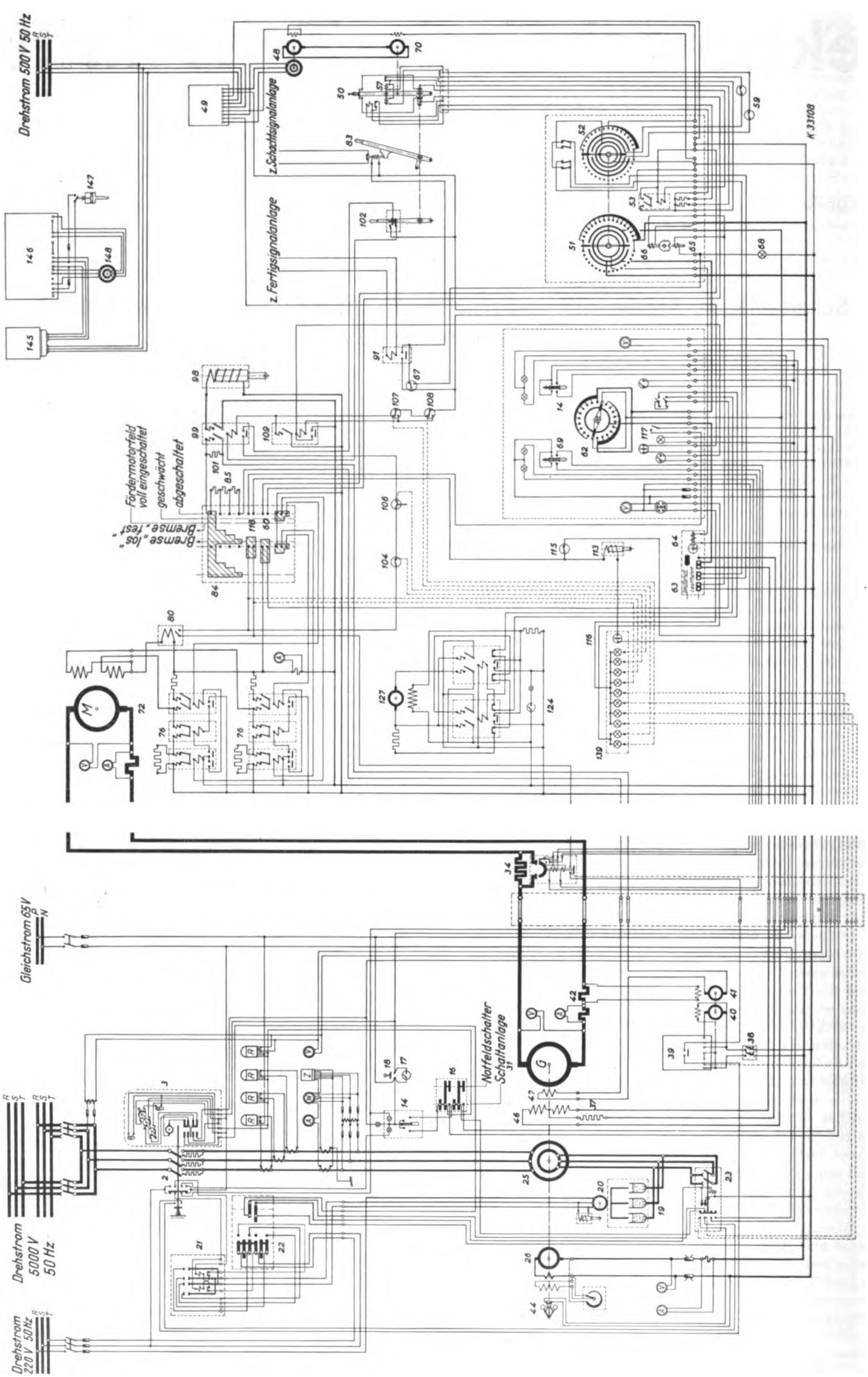


Abb. 1. Gesamtschaltbild der Turmförderanlage der Zeche Hannibal in Bochum.

Digitized by Google

Zeichenerklärung zum Schaltbild Abb. 1:

2 dreipoliger Ölschalter mit Kontaktvorrichtung
3 Federkraftspeicher für den Ölschalter
14 Betätigungsschalter mit Signallampen
16 Umschalter
17 Schalter für selbsttätigen Aufzug des Federkraftspeichers
18 Druckknopfschalter für Aufzug des Federkraftspeichers
19 Flüssigkeitsanlasser (Wasseranlasser)
20 motorischer Antrieb für den Flüssigkeitsanlasser
21 Selbstumschalter für den motorischen Antrieb des Flüssigkeitsanlassers
22 End- und Fernschalter für den motorischen Antrieb des Flüssigkeitsanlassers
23 Läufer-Kurzschlußschalter mit Kontaktvorrichtung
25 Drehstrom-Antriebsmotor für Leonhard-Umformer
26 Gleichstrom-Erregermaschine mit Nebenschlußregler
31 Gleichstrom-Steuermaschine
34 Überstrom-Fernschalter mit Parallelwiderstand
37 Feldersatzwiderstand f. Seilfahrt
38 Motorschutzschalter
39 Selbsttätige Anlaßvorrichtung für Hilfsumformer
40 Hilfsumformermotor
41 Hilfsumformergenerator
42 Nebenwiderstand für den Hilfsumformer
44 Fliehkraftschalter
46 Hauptfeldwicklung der Steuermaschine
47 Hilfsfeldwicklung der Steuermaschine
48 Umformer für den selbsttätigen Steuerhebelantrieb
49 Anlaßschütz für den Umformer
50 Steuerhebel und Druckknopf für den selbsttätigen Antrieb
51 Steuerschalter für die Steuermaschine
52 Kontaktbahn für den selbsttätigen Steuerhebelantrieb
53 Fernschalter für den selbsttätigen Steuerhebelantrieb
57 Umschaltmagnete für den selbsttätigen Steuerhebelantrieb
59 Endschalter am Teufenzeiger für den selbsttätigen Steuerhebelantrieb
60 Kontakte auf dem Walzenschalter für den selbsttätigen Steuerhebelantrieb
62 Notfeldschalter
63 Seilfahrtumschalter
64 Sperrmagnet am Seilfahrtumschalter
65 Sperrmagnet am Steuerschalter für Seilfahrt
66 Sperrmagnet am Steuerschalter für Drehzahlbegrenzung
67 Seilfahrt-Signalschalter an der Hängebank
68 Seilfahrt-Signallampe a. Teufenzeiger
69 Betätigungsschalter für den Überstrom-Fernschalter
70 Motor für selbsttätigen Steuerhebelantrieb
72 Fördermotor
76 Schwäch- und Abschaltvorrichtung des Fördermotorfeldes
80 Stromwächterschütz
83 Fahrbremshebel mit Sperrmagnet
84 Walzenschalter
85 Dämpfungswiderstand für das Hilfsfeld
91 Schaltrelais für den Sperrmagnet am Fahrbremshebel
98 Bremsmagnet
99 Schütz für den Bremsmagnet
101 Schwächungswiderstand für das Hilfsfeld
102 Sicherheitsbremshebel mit Schalter für Sicherheitsstromkreis
104 Kontrollschalter für die Abnutzung der Bremsbacken
106 Druckluft-Kontrollschalter
107 Endschalter am Teufenzeiger
108 Endschalter an der Hängebank
109 Schütz zur Umgehung der Endschalter am Teufenzeiger und Hängebank
113 elektrisches Luftventil
115 Schalter zur Überwachung des Bremsdruckes
116 Schalter für elektrisches Luftventil
117 Endschalter im Notfeldschalter
118 Kontakte im Walzenschalter
124 Endschalter für die Schalenstellung
127 Teufenzeiger-Einstellvorrichtung
139 Signallampen zur Überwachung des Sicherheitsstromkreises
145 Schaltkasten für Kompressoranlage
146 selbsttätiger Anlasser
147 Druckhilfsschalter
148 Drehstrommotor, mit Kompressor gekuppelt

von seinem Arbeitsplatz aus durch einfache Druckknopfbetätigung die Richtigstellung des Teufenzeigers vorzunehmen, wovon er infolge der leichten und schnellen Einstellbarkeit auch dann Gebrauch machen wird, wenn nur ein kleiner Unterschied zwischen Teufenzeigerstellung und Förderkorbstand vorhanden ist. Die Betriebssicherheit wird hierdurch wesentlich erhöht. Die elektrische Verstellvorrichtung besteht aus einem in die Antriebswelle des Teufenzeigers eingebauten Differentialgetriebe, dessen Überholungsgetrieberad von einem kleinen Hilfsmotor bewegt werden kann. Der Antrieb vom Hilfsmotor aus erfolgt über ein selbstsperrendes Schneckengetriebe, so daß sich das Überholungsrad nur drehen kann, wenn der Hilfsmotor läuft; auf keinen Fall kann eine Drehung des Überholungsrades von der Teufenzeigerwelle aus hervorgerufen werden. Ist eine Verstellung des Teufenzeigers erforderlich, so wird durch Betätigung eines der am Führerstand befindlichen Druckknöpfe der Hilfsmotor für die richtige Drehrichtung eingeschaltet.

Mit dem Teufenzeiger ist der Fahrtregler verbunden, ein Sicherheitsgerät, das falsche Handhabungen des Steuerhebels, wie Anfahren in falscher Richtung oder zu schnelles Anfahren aus der Endlage und zu spätes Verzögern in der Nähe der Hängebank, verhindert sowie die Maschine beim Überfahren der Hängebank durch Auslösen der Sicherheitsbremse stillsetzt. Dieses Sicherheitsgerät besteht aus einer vom Spindelantrieb mitbewegten Scheibe, die bei einem Förderzuge aus der größten Teufe fast eine volle Umdrehung ausführt. Auf die Scheibe sind in zwei nebeneinander liegenden Ebenen je zwei Kurvenstücke gesetzt; in der einen Ebene befinden sich die Anlaß- und Verzögerungskurven für die Vorwärtsfahrt, in der anderen Ebene desgleichen für die Rückwärtsfahrt. Sie sind aus Holz angefertigt und haben ihre Kurvenform erst an Ort und Stelle bei Inbetriebsetzung der Anlage erhalten. Um einen Verschleiß zu vermeiden, ist die Lauffläche der Kurven nach der Formgebung mit Bandeisen beschlagen. Gegen diese Kurven legt sich je nach der Auslagerichtung des Steuerhebels das eine oder andere mit Rolle versehene Ende eines mit dem Steuerhebel durch Gestänge verbundenen Winkelhebels, so daß für jeden Augenblick der Fahrt nur ein bestimmter größter Ausschlag des Steuerhebels vorwärts oder rückwärts möglich ist. Da die Fördergeschwindigkeit einer Leonard-Fördermaschine praktisch nur von der Steuerhebelauslage abhängt, wird durch die Kurvenscheibe der Geschwindigkeitsverlauf für den Förderzug aus der vollen Teufe festgelegt. Der Fördermaschinist kann den Steuerhebel jedoch jederzeit ungehindert zurückziehen. Sollte er dies gegen Ende der Fahrt nicht rechtzeitig tun, so schiebt die der Fahrtrichtung entsprechende Verzögerungskurve den Steuerhebel zwangsläufig in die Nullstellung. Beim Überfahren der Hängebankstellung wird durch einen Anschlag an der Scheibe ein Endausschalter betätigt, der die Sicherheitsbremse unter Vermittlung des Bremsmagneten *98* auslöst. Bemerkenswert ist, daß das Gestänge während des Verzögerungsvorganges starr bleibt, so daß eine unbedingt sichere Verzögerung gewährleistet ist und dadurch ein Unsicherheitsfaktor entfällt, der vielfach durch die dauernde Einschaltung der im Gestänge üblichen elastischen Zwischenglieder gegeben ist, weil durch Zusammenpressen dieser Glieder der Verzögerungsvorgang in ungünstigstem Sinne gestört werden kann. Dieses Zwischenglied, eine Feder, ist im vorliegenden Falle fest verriegelt, läßt also keinerlei Bewegungsfreiheit zu. Erst in der Hängebankstellung kann innerhalb eines engbegrenzten Bereiches an der Nullage des Steuerhebels durch eine an diesem angebrachte Falle die Verriegelung der Feder und damit die starre Verbindung des Übertragungsgestänges aufgehoben werden, so daß nunmehr der Maschinist den Steuerhebel genügend frei bewegen kann, um den Förderkorb genau auf Maß zu setzen. Die jeweilige Geschwindigkeit der Fördermaschine — max. 18 m/s bei der Lastfahrt und 10 m/s bei Seilfahrt — zeigt ein Tachograph an, der mit der Antriebswelle des Teufenzeigers durch einen Riementrieb verbunden ist. Der Tachograph ist mit Schleppzeiger und Warnglocke zur Kennzeichnung unzulässig hoher Geschwindigkeiten sowie mit einer Schreibvorrichtung ausgerüstet, die fortlaufend die Geschwindigkeit und die beim Fördermaschinisten eingehenden akustischen Signale aufzeichnet.

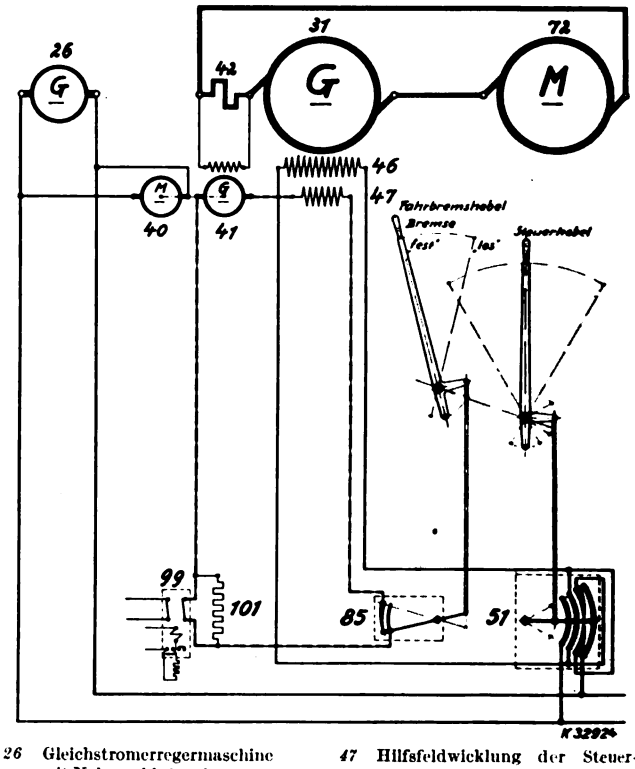
3. Steuerschalter und Kompoundierung.

Der Steuerschalter (*51*, Abb. 1) dient zur Regelung des Leonard-Kreises. Er beeinflußt Stromrichtung und Stromstärke im Erregerfeld der Steuerdynamo und bestimmt dadurch in Verbindung mit dem Fahrtregler Drehsinn und Geschwindigkeit des Fördermotors. Der Antriebshebel *50* des Steuerschalters ist mit den Handhebeln der Fahrbremse *83* und der Sicherheitsbremse *102* zu einem Steuer- und Bremsbock auf gemeinsamer Grundplatte vereinigt. Durch mechanische Verriegelung der drei Hebel gegeneinander wird eine falsche Handhabung des Steuerschalters bei geschlossener Bremse verhindert. Die Bremseinrichtung wird in einem besonderen Abschnitt eingehend behandelt, so daß hier eine kurze Beschreibung des Steuerschalters genügt. Dieser besitzt nach jeder Seite 75 Widerstandsstufen und ermöglicht eine völlig stoßfreie, feinste Geschwindigkeitsregelung bis zu 0,2 m/s bei Seilprüfungen.

Digitized by Google

Bemerkenswert ist, daß der Steuerhebel beim Anfahren durch einen besonderen motorischen Antrieb, der mit seinem Vorgelege auf dem kleinen Fundament am Führerstand sichtbar ist, mitgenommen werden kann[3]). Für den Einbau dieses Antriebes war folgende Überlegung entscheidend: Um bei schwungradlosen Fördermaschinen eine zu hohe Spitzenbelastung des Kraftwerks zu vermeiden, werden die Anfahrkurven des Fahrtreglers so ausgebildet, daß anfangs mit gleichmäßiger, später mit geradlinig bis auf den Nullwert abnehmender Beschleunigung angefahren wird. Dies hat ein rechtzeitiges Abbiegen der Belastungsspitze zur Folge und verhindert damit eine Überlastung der Fördermaschine und Steuerdynamo. Die Anfahrkurven des Fahrtreglers erfüllen aber nur dann voll ihren Zweck, wenn vom Beginn der Beschleunigung an der Maschinist den Steuerhebel so führt, daß er genau den sich bewegenden Kurven folgt. Versäumt er dieses genaue Nachführen, so wird die Fördermaschine in der Regel stoßweise beschleunigt, indem zeitweise die Geschwindigkeit vermindert und dann wieder erhöht wird. Ferner ist es praktisch nicht möglich, nur in der Begrenzung der Steuerhebelauslage durch Kurven bei schwungradlosem Förderbetrieb den Hebel so zu führen, daß mit abnehmender Beschleunigung richtig angefahren wird, da kein Maschinist in der Lage ist, diese erforderliche verlangsamte Bewegung des Steuerhebels auf die Dauer auszuführen. Alle diese Übelstände werden durch den motorischen Antrieb beseitigt. Wie aus dem Schaltbild Abb. 1 ersichtlich ist, besteht dieser aus dem Gleichstrommotor *70*, der in Leonard-Schaltung durch einen besonderen kleinen Umformer *48* gespeist wird. Die Erregung dieses Leonard-Kreises wird durch den Hilfsregler *52* gesteuert, dessen Antriebsachse mit der Achse des Hauptsteuerschalters *51* gekuppelt ist, so daß die Bewegung beider Regler in gleichem Sinne verläuft. Diese Zwangsläufigkeit sowie eine entsprechende Bemessung der einzelnen Widerstandsstufen des Hilfsreglers lassen stets nur eine bestimmte vorgeschriebene Beschleunigung zu, gleichgültig von welcher Stellung der Förderkörbe im Schacht angefahren wird. Damit wird gleichzeitig die vorgeschriebene Bewegungsgeschwindigkeit des Steuerhebels, also auch eine abnehmende Beschleunigung, selbsttätig geregelt, ohne daß der Maschinist in der Lage ist, störend einzugreifen. Eine Rücknahme des Steuerhebels ist dagegen jederzeit unabhängig von seiner jeweiligen Stellung möglich. Der Antriebsmotor des Steuerhebels läuft in nur einer Drehrichtung durch. Die mechanische Übertragung vermitteln ein Schneckenradvorgelege nebst Rutschkupplung und ein Planetengetriebe, dessen Antriebszahnrad mit Hilfe der beiden Umschaltmagnete *57* je nach der Bewegungsrichtung auf die Außen- oder Innenverzahnung eines mit dem Steuerhebel fest verbundenen Zahnradsegmentes eingerückt wird. Die Betätigung der Umschaltmagnete erfolgt durch den Druckknopf *50* am Steuerhebel über den Fernschalter *53*, der in Verbindung mit den Segmentkontakten des Hilfsreglers *52* entsprechend der jeweiligen Bewegungsrichtung des Steuerhebels den linken oder den rechten Umschaltmagnet einschaltet. Das Einrücken des motorischen Antriebes geschieht so lange, wie der Fördermaschinist den Druckknopf *50* niederhält. Beim Loslassen wird der Antrieb am Planetengetriebe ausgerückt. Die Maschine fährt dann mit einer Geschwindigkeit weiter, die der erreichten Steuerhebelauslage entspricht. Im Stromkreis der Umschaltmagnete liegende Endausschalter am Teufenzeiger *59* und Endausschalter an der Antriebsachse des Hilfsreglers rücken den motorischen Antrieb rechtzeitig selbsttätig aus, falls der Maschinist den Druckknopf *50* unzulässig lange festhält. Schließlich sorgen die Verriegelungskontakte *60* und *63* dafür, daß der motorische Antrieb nur bei geöffneter Fahrbremse und nur bei Güterförderung, also nicht auch bei Seilfahrt, benutzt werden kann. Wie die Erfahrungen in mehrjährigen Betrieben gezeigt haben, macht der motorische Antrieb des Steuerhebels das Anfahren der Fördermaschine von der bekanntlich immer verschiedenen Arbeitsweise der einzelnen Maschinisten völlig unabhängig, so daß stets genau gleiche Fahrdiagramme entstehen, eine vollkommen stoßfreie Beschleunigung gesichert ist und unnötige Belastungsstöße im Kraftwerk vermieden werden. Damit ist auch die Gefahr eines Seilrutsches auf das Mindestmaß beschränkt und weiter eine fühlbare Schonung des Förderseils sowie des Schachtausbaues erreicht. Daß der motorische Steuerhebelantrieb vor allem bei flottem Förderbetrieb eine Ermüdung des Maschinisten verhindert, dürfte nicht zuletzt der wesentlichste Vorteil dieser Einrichtung sein.

Zur Verbesserung der Steuerfähigkeit der Fördermaschine ist eine weitere Einrichtung in der Kompoundierung geschaffen. Wenn auch bei den in Leonard-Schaltung betriebenen Fördermaschinen im Gegensatz zu anderen Antriebssystemen an sich eine gute Übereinstimmung zwischen Steuerhebelauslage und Fördergeschwindigkeit besteht, derart, daß zu jeder Stellung des Steuerhebels unabhängig von der jeweiligen Belastung praktisch immer die gleiche Fördergeschwindigkeit gehört, so treten doch durch die Ankerrückwirkung in der Steuerdynamo und im Fördermotor, ferner durch die Remanenz der Steuerdynamo, vor allem aber infolge des durch die inneren Widerstände der Maschinen und Ankerleitungen verursachten Spannungsabfalls, der sich besonders bei Fördermaschinen ohne Schwungradausgleich unangenehm bemerkbar macht, bei den verschiedenen Belastungen in der Übereinstimmung zwischen Steuerhebellage und Fördergeschwindigkeiten mehr oder weniger große Abweichungen auf. Wird die Steuerdynamo stärker belastet, so ergibt sich im Vergleich zum Leerlauf bei gleicher Steuerhebelstellung eine geringere Fördergeschwindigkeit, während umgekehrt beim Rückarbeiten des Fördermotors in-



26	Gleichstromerregermaschine mit Nebenschlußregler	*47*	Hilfsfeldwicklung der Steuermaschine
31	Gleichstromsteuermaschine	*51*	Steuerschalter für die Steuermaschine
40	Hilfsumformermotor	*72*	Fördermotor
41	Hilfsumformergenerator	*85*	Dämpfungswiderstand für das Hilfsfeld
42	Nebenwiderstand für den Hilfsumformer	*99*	Schütz für den Bremsmagnet
46	Hauptfeldwicklung der Steuermaschine	*101*	Schwächungswiderstand für das Hilfsfeld

Abb. 2. Schaltbild der Kompoundierung der Fördermaschine.

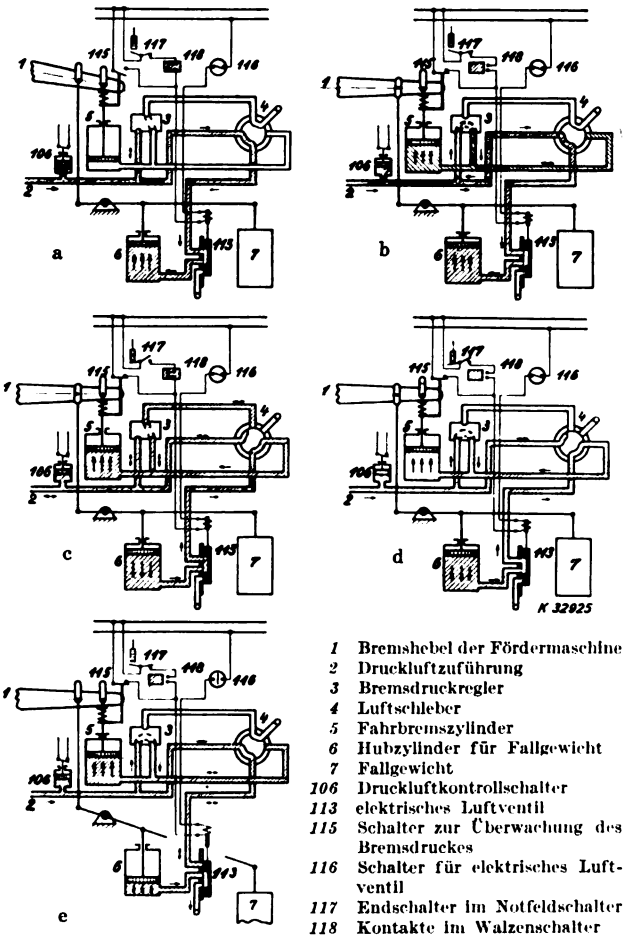
[3]) ETZ 57 (1936) H. 34, S. 968, Abb. 3.

Digitized by Google

folge negativer Korbbelastung sich eine höhere Geschwindigkeit einstellt, weil in diesem Falle die vom Fördermotor erzeugte EMK und damit seine Drehzahl um den dem Spannungsverlust entsprechenden Betrag höher sein muß als bei Leerlauf. Diesem Übelstande wird durch eine Kompoundierung der Steuerdynamo nach der in Abb. 2 dargestellten Schaltung abgeholfen, die als indirekte Kompoundierung über den Hilfsumformer *40* und *41* eine leichte Einregelung gestattet. Wie bereits bei der Beschreibung der Steuerdynamo gesagt ist, besitzt deren Erregerfeld außer der vom Steuerschalter *51* beeinflußten Hauptwicklung *46* eine Hilfswicklung *47*, die von dem etwa 1 kW großen Generator *41* des Hilfsumformers gespeist wird. Der zugehörige Antriebsmotor ist an die Sammelschiene der Erregermaschine angeschlossen. Die Erregung des Generators *41* wird von dem im Leonard-Stromkreis der Fördermaschine liegenden Widerstand *101* abgenommen, ist also von Größe und Richtung des Stromes im Leonard-Kreis abhängig. Bei Belastung der Steuerdynamo wirkt demnach die Kompoundierungseinrichtung feldverstärkend und beim Rückarbeiten des Fördermotors im richtigen Sinne feldschwächend. Um eine etwaige Selbsterregung der Steuerdynamo bei Stillstand des Fördermotors zu verhindern und die Maschine vor dem vollständigen Lösen der Bremse unter Strom setzen zu können, ist im Hilfsfeldkreis der Dämpfungswiderstand 85 vorgesehen, der beim Anziehen der Fahrbremse eingeschaltet wird. Hierdurch ist in einfachster Weise das Auftreten schädlicher Remanenz unmöglich gemacht, so daß sich eine besondere Remanenzschaltung erübrigt. Die Wirkung dieser Kompoundierungsschaltung ist in der Nähe der Nullage des Steuerhebels und bis etwa zur Hälfte der höchsten Fördergeschwindigkeit praktisch vollkommen. Nur bei größter Steuerhebelauslage wird der vom Strom verursachte Spannungsabfall nicht vollständig ausgeglichen. Die Kompoundierungseinrichtung gewährleistet aber in Verbindung mit der selbsttätigen Rückführung des Steuerhebels durch den Fahrtregler vor allem ein sicheres Stillsetzen der Fördermaschine in unmittelbarer Nähe der Hängebank, ganz unabhängig davon, ob Lasten gehoben oder gesenkt werden und wie groß diese Lasten sind. Damit ist eine Genauigkeitsschaltung erzielt, die dem Maschinisten wesentlich das Umsetzen an der Hängebank erleichtert und die dadurch nicht nur die Steuerfähigkeit der Maschine verbessert, sondern auch die Betriebssicherheit erhöht, was für die Seilfahrt von besonderer Bedeutung ist.

4. Fahr- und Sicherheitsbremse, Sicherheitsstromkreis und Notfeldschalter.

Die in Abb. 3 schematisch dargestellte Bremseinrichtung der Fördermaschine besteht aus der Fahrbremse und der bergbehördlich vorgeschriebenen Sicherheitsbremse. Aufgabe der Fahrbremse ist es, am Ende eines jeden Zuges die Maschine zum Stillstand zu bringen und sie in der Ruhestellung festzuhalten. Als Hilfskraft für diese Bremse dient Druckluft, die dem allgemeinen Zechen-Druckluftnetz entnommen wird. Die Betätigung geschieht über den links vom Maschinisten angeordneten Handhebel *83* (Abb. 1) durch einen Bremsdruckregler, der die Luftzufuhr zum Bremszylinder steuert (*3* und *5* der Abb. 3). Diese Anordnung ermöglicht im weitesten Maße die Erfüllung der an eine gute Bremse zu stellenden Forderungen, daß nämlich einerseits die zur Betätigung der Bremse nötige Kraft so klein wie möglich sein soll, um eine Ermüdung des Maschinisten zu vermeiden, anderseits, wie von der Bergbehörde verlangt, die Bremse schleifend wirkt und die Größe der Bremskraft der jeweiligen Auslagestellung des Bremshebels entspricht. Die Aufgabe der Sicherheitsbremse besteht darin, im Falle eines Versagens der Fahrbremse oder sonst einer gefährlichen Störung der Anlage die Maschine in möglichst kurzer Zeit stillzusetzen und solange festzuhalten, bis die Störung wieder beseitigt ist. Die Bergbehörde schreibt für die Sicherheitsbremse eine von der Antriebskraft der Fahrbremse unabhängige Hilfskraft vor. Sie wird durch ein Fallgewicht *7* geliefert, das mit Hilfe des Hubzylinders *6* in der Schwebe gehalten wird. Die Auslösung der Sicherheitsbremse erfolgt durch einen zweiten, links vom Maschinisten angeordneten Handhebel, der über den Bremsmagneten (*98*, Abb. 1) auf den Luftschieber (*4*, Abb. 3)



1 Bremshebel der Fördermaschine
2 Druckluftzuführung
3 Bremsdruckregler
4 Luftschieber
5 Fahrbremszylinder
6 Hubzylinder für Fallgewicht
7 Fallgewicht
106 Druckluftkontrollschalter
113 elektrisches Luftventil
115 Schalter zur Überwachung des Bremsdruckes
116 Schalter für elektrisches Luftventil
117 Endschalter im Notfeldschalter
118 Kontakte im Walzenschalter

Abb. 3. Arbeitsplan der vereinigten Fahr- und Sicherheitsbremse der Fördermaschine.

wirkt. Dieser Luftschieber, der so ausgebildet ist, daß er sich nicht wie die üblichen konischen Dreiweghähne festsetzen kann, anderseits aber doch gut dicht hält, leitet beim Einfallen der Sicherheitsbremse die im Luftzylinder *6* befindliche Luftfüllung unter den Kolben des Fahrbremszylinders *5*, der nun seinerseits die Bremsbacken zum Anliegen bringt. Das Fallgewicht der Sicherheitsbremse arbeitet also zunächst nicht unmittelbar auf das Bremsgestänge, sondern wirkt mittelbar über ein Luftpolster, so daß man hier von einer pneumatischen Bremsung sprechen kann. Nur wenn die Störung, die das Einfallen der Sicherheitsbremse erforderlich machte, längere Zeit anhält und nach und nach die Luftfüllung infolge etwaiger Undichtigkeiten entweicht, kommt das Fallgewicht über die am Bremsbalken angreifende Gabel unmittelbar zur Einwirkung. Diese sinnreiche Verbindung der Sicherheitsbremse mit der Fahrbremse erfüllt in weitgehender Weise alle Forderungen, die an eine gute Sicherheitsbremse zu stellen sind, nämlich, daß

1. die Sicherheitsbremse vom Maschinisten durch einen einfachen Handgriff zum Einfallen gebracht werden kann,
2. sie im Falle einer Gefahr selbsttätig in Wirkung tritt, wie noch näher beschrieben wird,
3. sie für sich allein die volle Bremswirkung ausüben kann,
4. die Bremswirkung sofort einsetzen und in einer für den jeweiligen Betriebszustand zulässig kürzesten Zeit den vollen Wert erreichen muß,

Digitized by Google

5. auch bei schnellster Bremswirkung diese völlig stoß- und pendelungsfrei erfolgen muß, was die Bergbehörde ausdrücklich verlangt und im vorliegenden Falle durch die pneumatische Bremsung unter allen Umständen sichergestellt ist,
6. eine Überlastung des Bremsgestänges beim Einfallen der Sicherheitsbremse durch die Massenwirkung des Fallgewichtes nicht eintritt,
7. ein gleichzeitiges Einfallen der Sicherheitsbremse mit der Fahrbremse, also eine Addition der Bremskräfte, betriebsmäßig nicht erfolgen darf, für Ausnahmefälle aber doch möglich sein muß.

Auf die Erfüllung der letzten Forderung wurde bei der Ausführung der Bremseinrichtung seitens der Zechenverwaltung besonderer Wert gelegt. Die Bergpolizeiverordnung für die Seilfahrt verbietet zwar nicht das gleichzeitige Einfallen beider Bremsen, sondern läßt dies sogar betriebsmäßig z. B. beim Übertreiben zu. Vorliegende Erfahrungen über den bei gleichzeitigem Einfallen beider Bremsen auftretenden großen Seilrutsch mit seinen gefahrbringenden Folgen wie anderseits aber auch die Notwendigkeit, über addierte Bremskräfte in besonderen Fällen, z. B. beim Auflegen eines neuen Seiles oder Einhängen neuer Förderkörbe, verfügen zu können, ließen es angezeigt erscheinen, auf eine einwandfreie Erfüllung der letzten Forderung 7 zu bestehen, obwohl diese zweifellos eine wesentliche Erschwerung in der Durchbildung der Bremseinrichtung mit sich bringt. Die Aufgabe wurde durch den Einbau eines besonderen elektrischen Luftventils *113* (Abb. 1 und 3) gelöst, dessen Wirkungsweise nachstehend an Hand der Abb. 3 in Verbindung mit der Beschreibung der Arbeitsweise der vereinigten Fahr- und Sicherheitsbremse kurz erläutert sei. Abb. 3 a zeigt Fahrbremse und Sicherheitsbremse gelöst. Der Fahrbremszylinder *5* ist über Bremsdruckregler *3* und Luftschieber *4* ins Freie entlüftet. Der Hubzylinder *6* der Sicherheitsbremse ist über das elektrische Luftventil *113* mit dem Druckluftnetz verbunden, so daß das Fallgewicht *7* in der Schwebe gehalten wird. In Abb. 3 b ist die Fahrbremse fest, die Sicherheitsbremse gelöst. Unter den Kolben des Fahrbremszylinders tritt über den Bremsdruckregler Druckluft aus dem Netz. Abb. 3 c stellt beim Einfallen der Sicherheitsbremse das durch Umsteuern des Luftschiebers *4* eintretende Pendeln des Luftpolsters vom Hubzylinder *6* zum Fahrbremszylinder *5* bei gelöster Fahrbremse dar. Das Fallgewicht *7* wirkt mittelbar über die Luftfüllung auf das Bremsgestänge. Abb. 3 d läßt erkennen, daß in dem in c gezeigten Falle — Sicherheitsbremse fest — das zusätzliche Betätigen der Fahrbremse keinerlei Addition der Bremskräfte zur Folge hat, da lediglich zwei Druckluftfüllungen zusammentreffen, die auf einen mittleren Druck expandieren. In allen vorgenannten, dem Normalzustand entsprechenden Fällen steht der Schieber des elektrischen Luftventils *113* so, daß die Luftzufuhr zum Hubzylinder *6* und der Weg für das zum Fahrbremszylinder pendelnde Luftpolster freigegeben ist. In der beabsichtigten Ausnahmestellung zur Addition der Bremskräfte, die Abb. 3 e zeigt, sperrt der Schieber des elektrischen Luftventils die Luftzufuhr zum Hubzylinder ab und entlüftet diesen selbst unmittelbar ins Freie, so daß das Fallgewicht sofort bis zum Eingriff seiner Gabel am Bremsbalken absacken kann. Wie aus e ohne weiteres ersichtlich ist, kann nunmehr durch Druckluftzufuhr über Bremsdruckregler *3* unter den Kolben des Fahrbremszylinders *5* dessen zusätzliche Kraft zur Addition der Bremskräfte nutzbar gemacht werden. Die Umsteuerung des elektrischen Luftventils *113* vermittelt der Schalter *116*, der in einem besonderen Gehäuse unter Verschluß steht und nur dann betätigt wird, wenn für besondere Zwecke, z. B. Einhängen eines neuen Seiles, die Addition beider Bremskräfte erwünscht ist. Eine unbeabsichtigte Addition der Bremskräfte kann auch dann nicht eintreten, wenn der Ruhestromkreis des elektrischen Luftventils plötzlich infolge Verbrennung der Haltespule des Luftventils oder durch Leiterbruch stromlos werden sollte, da die Fahrbremse wegen der gegenseitigen Verriegelung von Steuerhebel und Fahrbremshebel nicht sofort zum Eingreifen kommen kann. Diese Verriegelung bedingt ja die Zurücknahme des Steuerhebels in die Nullage, bevor der Fahrbremshebel überhaupt angezogen werden kann.

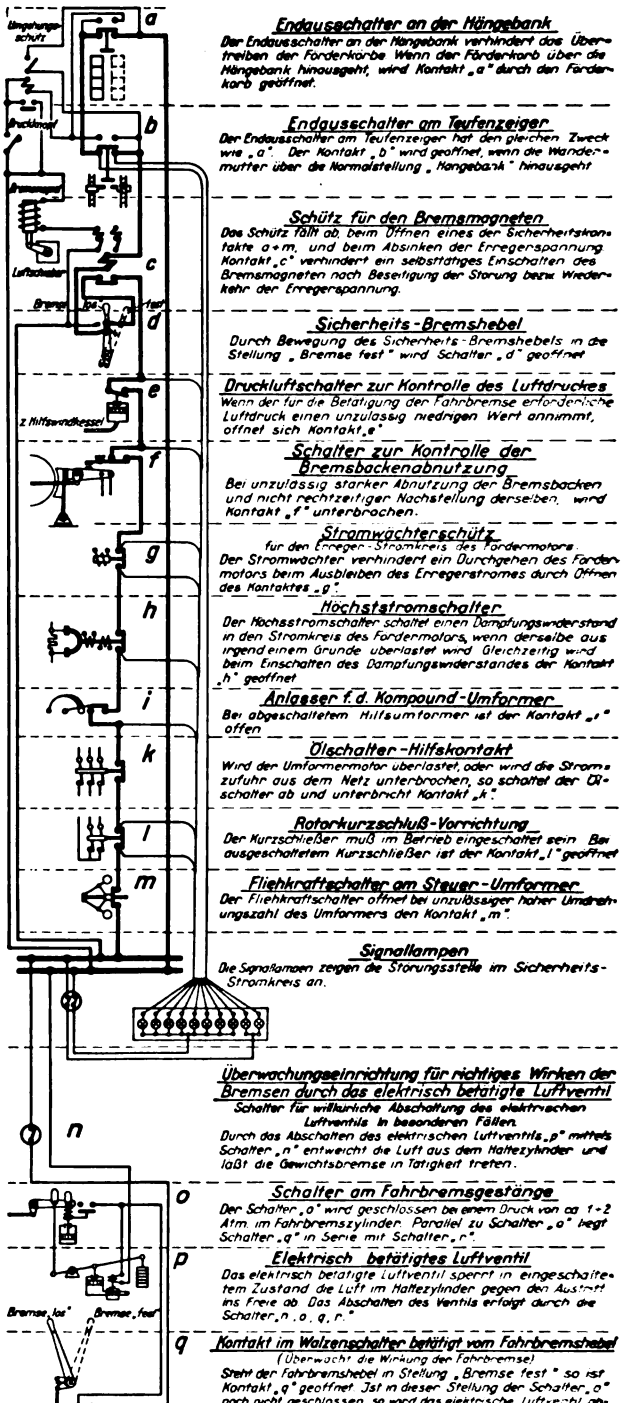


Abb. 4. Schaltbild des Sicherheitsstromkreises und der Überwachungseinrichtung der Förderanlage.

Das Lösen der Sicherheitsbremse nach Einfallen des Gewichtes erfolgt durch Umschalten des Luftschiebers 4, wodurch dem Hubzylinder *6* wieder Druckluft zugeführt und damit das Fallgewicht *7* gehoben wird. Zur Sicherstellung der Druckluftversorgung für die Bremsen ist dem

Digitized by Google

Anschluß an das Zechendruckluftnetz ein kleiner Hilfskompressor mit Windkessel, *148* (Abb. 1), parallel geschaltet, dessen Antriebsmotor selbsttätig durch den Druckschalter *147* über den Selbstanlasser *146* angeworfen wird, sobald der Betriebsdruck unter 3 atü absinkt. In fast 6jährigem Betriebe hat sich die gesamte Bremseinrichtung in jeder Beziehung bewährt.

Die volle Bedeutung erhält die beschriebene Wirkungsweise der Sicherheitsbremse aber erst durch den sog. Sicherheitsstromkreis, der in Abb. 4 dargestellt ist und durch eine in sich geschlossene Kette alle diejenigen Möglichkeiten berücksichtigt, die entweder ein beabsichtigtes, d. h. von Hand bewirktes oder in Notfällen ein selbsttätiges Eingreifen der Sicherheitsbremse hervorrufen können. Die Arbeitsweise des Sicherheitsstromkreises ist aus der Abb. 4 ohne weiteres ersichtlich, so daß sich hier eine Aufzählung der einzelnen Fälle erübrigt. Die aus Sicherheitsbremse und Sicherheitsstromkreis bestehende Sicherheitseinrichtung der gesamten Förderanlage wird vervollständigt durch eine selbsttätige Überwachung für das richtige Wirken der Bremsen, eine Einrichtung, die im unteren Teil der Abb. 4 dargestellt ist.

Hand in Hand mit dem jeweiligen Einfallen der Sicherheitsbremse muß ein möglichst schnelles Stromlosmachen der Fördermaschine gehen, um einmal die treibende Kraft sofort zu unterbinden und sodann die mechanische Bremsung wirksam durch eine elektrische zu unterstützen. Da nicht damit gerechnet werden kann, daß der Fördermaschinist beim Einfallen der Sicherheitsbremse schnell genug den Hebel des Steuerschalters zurücknimmt, muß für eine selbsttätige sanfte Abschaltung der Erregung der Steuerdynamo gesorgt werden. Dies geschieht mit Hilfe des sog. Notfeldschalters *62* (Abb. 1 und Abb. 4), in welchem ein vom Bremsmagnet ausgelöstes Fallgewicht einen mit dem Hauptsteuerschalter *51* in Reihe liegenden Hilfssteuerschalter aus der Kurzschluß-Betriebsstellung auf vollen Widerstand abrollen läßt und damit allmählich das Erregerfeld der Steuerdynamo schwächt. Vor dem Lösen der Sicherheitsbremse muß deshalb jedesmal von Hand der Hilfssteuerschalter des Notfeldschalters in seine Betriebsstellung zurückgebracht werden, womit gleichzeitig wieder das Fallgewicht aufgezogen wird. Die Durchführung dieser Maßnahmen wird durch den Kontakt *r* überwacht.

Der Notfeldschalter ist als blechgekapseltes Schaltgerät ausgeführt und steht zur linken Seite des Maschinisten. Außer dem Handrad für den Aufzug des Fallgewichtes und zum Eindrehen des Hilfssteuerschalters auf Betriebsstellung sind auf der Vorderseite des Blechgehäuses noch Strom- und Spannungszeiger für die Erregung des Fördermotors, Betätigungsschalter und Signallampen zum Anlassen der Steuerdynamo, Druckknopfschalter für die Teufenzeigerverstellvorrichtung, sowie einige weitere Hilfsapparate untergebracht. Schließlich ist noch zu erwähnen, daß mit dem Fahrbremshebel der Kontaktwalzenschalter *84* (Abb. 1) gekuppelt ist, der außer einer Reihe von Verriegelungs- und Überbrückungskontakten Schaltkontakte trägt zur Steuerung der Schaltschütze *76*. Diese dienen dazu, das Feld des Fördermotors zu schwächen und abzuschalten, indem bei einem Zurücknehmen des Fahrbremshebels über seine normale Bremsstellung hinaus das Feld zunächst um 40 % geschwächt und bei noch weiterem Anziehen der Bremse vollständig abgeschaltet wird. Zur Entlastung der für diese Einrichtung benötigten Überbrückungs-, Kurzschluß- und Abschaltschütze *16* ist das Erregerfeld der Steuerdynamo in zwei parallel geschaltete Gruppen unterteilt. Der Zweck der Einrichtung ist, auch in kürzeren Förderpausen an elektrischer Energie zu sparen. Allerdings dürfte der Aufwand an Geräten und die weitere Verwicklung der Schaltanlage in keinem Verhältnis zum Erfolg stehen. Denn bei flottem Förderbetrieb während der Tagschichten kann der Maschinist ohnehin keinen Gebrauch von der Feldabschaltung machen, und während der Nachtschicht ist ihm in den meisten Fällen im voraus die Dauer der Pausen unbekannt, so daß auch hier die Benutzung der Feldabschaltung meistens unterbleibt. Im übrigen aber stellt die vereinigte Fahr- und Sicherheitsbremse in Verbindung mit Sicherheitsstromkreis, Überwachungseinrichtung der Bremsen und Notfeldschaltung eine in jeder Beziehung aufs beste durchdachte und zuverlässig wirkende Sicherheitseinrichtung dar, die als wichtigster Bestandteil der gesamten Förderanlage besonderes Interesse beansprucht.

Zusammenfassung.

Zunächst werden kurz die Hoch- und Niederspannungsschaltanlagen der Turmförderanlage der Zeche Hannibal in Bochum beschrieben, wobei auch auf die Ausführung der Hauptstromleitungen des Leonard-Kreises eingegangen wird. Es folgt eine eingehende Darstellung der für den Betrieb der Fördermaschine erforderlichen Steuer- und Sicherheitseinrichtungen. Diese sind: 1. Teufenzeiger, Fahrtregler und Tachograph. 2. Steuerschalter und Kompoundierung. 3. Fahr- und Sicherheitsbremse, Sicherheitsstromkreis und Notfeldschalter. Bemerkenswert sind hierbei die elektrische Einstellvorrichtung des Teufenzeigers, die Verriegelung des elastischen Zwischengliedes im Gestänge zwischen Steuerschalter und Fahrtregler sowie der motorische Antrieb des Steuerhebels, der die genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Beschleunigung ermöglicht. Die Kompoundierung dient einer Verbesserung der Steuerfähigkeit der Fördermaschine und gestattet für einen großen Geschwindigkeitsbereich eine für alle Belastungen gleiche Übereinstimmung zwischen Steuerhebelauslage und Fördergeschwindigkeit. Die Arbeitsweise der Fahr- und Sicherheitsbremse wird an Hand einer bildlichen Darstellung der einzelnen Bremsvorgänge besprochen, wobei besonders auf die Einrichtungen eingegangen wird, die eine stoß- und pendelungsfreie Bremsung sicherstellen sowie eine unbeabsichtigte Addition der Bremskräfte verhindern. Zum Schluß wird gezeigt, wie alle Sicherheitseinrichtungen sich im Sicherheitsstromkreis vereinen. Eine selbsttätige Überwachung sorgt für die richtige Wirkung der Bremsen, während ein Notfeldschalter die im Gefahrfalle notwendige sanfte Abschaltung der Erregung der Steuerdynamo selbsttätig ausführt.

Die elektrische Fernsteuerung der doppelstöckigen Stromlinienzüge der Lübeck-Büchener Eisenbahn.

Von **Paul Mauck**, Lübeck.

621. 398 : 625. 28

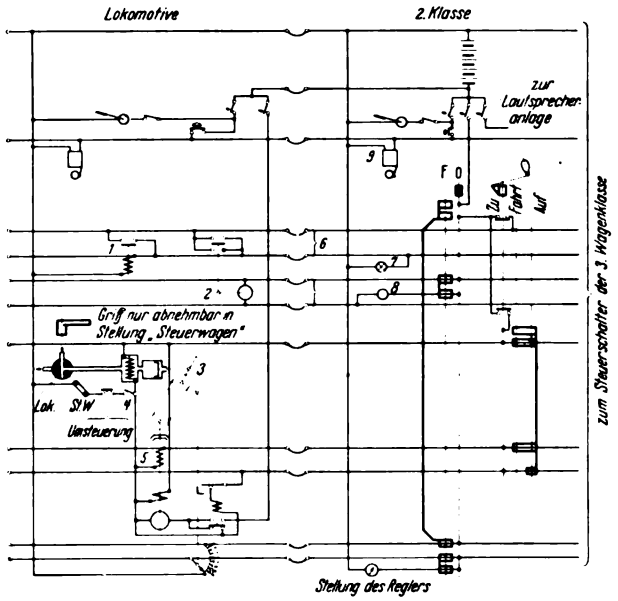
Übersicht. Für einen kurzen Dampfzug, den die Lokomotive in einer Fahrtrichtung schiebt, ist eine elektrische Fernsteuerung entwickelt. Mit Hilfe dieser Steuerung kann der Lokomotivführer vom Führerstand eines Steuerwagens aus den geschobenen Zug bei Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h führen. Die Steuerungseinrichtung wird durch die notwendigen Fernanzeige- und Überwachungsgeräte ergänzt.

Die Lübeck-Büchener Eisenbahn hat für ihren zwischenstädtischen Verkehr Hamburg—Lübeck—Travemünde eine neuartige Zugeinheit entwickelt. Der erste Zug ist am 2. 5. 1936 in Dienst gestellt worden. Der Zug besteht aus einer stromlinienförmig verkleideten 1-B-1-Schnellzug-Tenderlokomotive und einem zweistöckigen Zwillingssteuerwagen. Der Wagen enthält 42 Sitzplätze 2. Klasse und 258 Sitzplätze 3. Klasse. Das Gewicht des Wagens beträgt 71 t, das Gewicht der Lokomotive 69 t. Die Zugeinheit ist für eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h gebaut.

Digitized by Google

Um einen triebwagenähnlichen Betrieb — d. h. das Wenden des Zuges auf den Endbahnhöfen ohne Umsetzen der Lokomotive — zu erreichen, wurde eine elektrische Fernsteuerung entwickelt, die im folgenden beschrieben wird.

Der Wagen hat an jedem Stirnende einen Führerstand. Durch Betätigung des Fahrschalters auf dem Führerstand kann der Dampfregler der Lokomotive elektrisch geöffnet und durch Preßluft geschlossen werden (Abb. 1). Durch ein Potentiometer wird die Stellung des Dampfreglers auf dem Führerstand des Wagens angezeigt. Mit dem Fahrschalter ist eine Totmanneinrichtung verbunden, die in üblicher Weise in Tätigkeit tritt, wenn durch das Loslassen des Fahrschalterhebels der Steuerstrom unterbrochen wird. Der Dampfregler wird dann geschlossen und nach einer Verzögerung von etwa 12 s wird eine Schnellbremsung des Zuges eingeleitet.



1 Führerüberwachungsventil der Totmanneinrichtung
2 Geschwindigkeitsgeber mit Kontakten für die Totmanneinrichtung
3 Reglerhebel mit Rückführungszylinder
4 Notausschalter
5 elektromagnetische Kupplung zwischen Motor und Reglerantrieb
6 Kabelkupplungen
7 Kontrollampe der Totmanneinrichtung
8 Geschwindigkeitsfernanzeiger
9 Klingel

Abb. 1. Schaltung der Steuerung.

Zur Verständigung zwischen Lokomotivführer (auf dem Führerstand des Wagens) und Heizer (auf der Lokomotive) ist eine Lautsprecheranlage eingebaut. Diese besteht auf den Führerständen des Wagens aus einem Mikrophon und einem in der Decke angeordneten Lautsprecher. Auf der Lokomotive wird vorwiegend ein Halshandfernsprecher benutzt, durch den erreicht wird, daß die Eigengeräusche der Lokomotive nicht in den Führerstand des Wagens übertragen werden. Außerdem ist eine elektrische Klingelanlage eingebaut, mit der bestimmte vorgeschriebene betriebswichtige Anweisungen vom Führerstand des Wagens, von der Lokomotive und zurück gegeben werden können. Diese Anlage ist auch als Ersatz für den Fall gedacht, daß die Lautsprecheranlage einmal versagt.

Der Geschwindigkeitsmesser im Führerstand des Wagens ist an einen Geber angeschlossen, der von einer der Treibachsen der Lokomotive angetrieben wird. Auf die Weise kann bei Fernsteuerung des Zuges der Lokomotivführer erkennen, ob beim Anfahren die schiebende Lokomotive schleudert.

Die Führerstandseinrichtung wird durch die Bremsmanometer, das Führerbremsventil und die Schalter zum Einschalten der Steuerstromkreise ergänzt (Abb. 2). Der Fensterwischer hat gleichfalls elektrischen Antrieb.

Die aus Lokomotivführer und Heizer bestehende Lokomotivbesatzung befindet sich auf der Dampflokomotive, wenn der Zug von dieser gezogen wird. In der anderen Fahrtrichtung bleibt der Heizer allein auf der Lokomotive. Er bedient die Feuerung und Kesselspeisung und stellt nach fernmündlicher Angabe des im Führerstand des Wagens befindlichen Lokomotivführers die Füllung der Dampfmaschine ein. Wenn der Zug ferngesteuert werden soll, betätigt der Lokomotivführer auf dem Führerstand der Lokomotive einen Umschalter, dessen Schalthebel er dann nur in der Stellung „Steuerwagen" abnehmen kann. Mit demselben Hebel schaltet er auf dem Führerstand des Wagens den Hauptschalter für die Steuerstromkreise ein. Der Schalthebel kann auch hier nur in der Nullstellung von seinem Vierkant abgezogen werden (siehe Abb. 1).

Aus Gründen der Sicherheit sind folgende Abhängigkeiten geschaffen worden. Bei Fortbleiben des Steuerstromes (das tritt auch bei der Inbetriebsetzung der Totmanneinrichtung ein) schließt der Dampfregler selbsttätig, indem mit Hilfe eines Magnetventils Druckluft in den Rückführungszylinder eingelassen wird. Wenn aus irgendeinem Grunde die Umsteuerung der Lokomotive auf Mittelstellung gedreht wird, schließt der Dampfregler ebenfalls selbsttätig. Das wird durch einen Schalter erreicht, der von der Steuerspindel betätigt wird und den Steuerstromkreis unterbricht.

Der Heizer ist in der Lage, den Dampfregler jederzeit ohne Zutun und ohne vorherige Benachrichtigung des im Wagen befindlichen Lokomotivführers zu schließen. Er kann jedoch den Regler nicht wieder öffnen.

a Fahrschalter
b Führerbremsventil
c Kontrollampe der Totmanneinrichtung
d Selbstschalter für Steuerstrom und Hilfsbetriebe
e Lautsprecher

Abb. 2. Führerstand des Steuerwagens.

Das Öffnen des Reglers geschieht durch einen Elektromotor, dessen Öffnungsbewegung durch eine elektrische Kupplung mit Kette und Kettenrad auf die Reglerwelle übertragen wird. Der Elektromotor bekommt seinen Strom durch die Betätigung des Fahrschalters im Führerstand des Wagens. Dieser Fahrschalter hat drei Stellungen: ZU — FAHRT — AUF. In Stellung AUF erhält der Elektromotor Strom und läuft so lange, bis der Fahrschalter auf Stellung FAHRT gelegt wird. Auf Stellung

Digitized by Google

ZU wird die Kupplung, die den Elektromotor mit dem Regler verbindet, stromlos. Der Preßluftrückführungszylinder erhält Druckluft und schließt den Regler. Auf der Lokomotive befindet sich außerdem noch ein Schalter, der als sogenannter Notschalter bei Betätigung durch den Heizer den Steuerstrom unterbricht und den Regler sofort schließt. Das Wiederöffnen des Reglers ist dem Heizer, auch wenn er den Schalter wieder eingeschaltet hat, nicht möglich, da der Regler durch die elektrische Kupplung blockiert ist.

Die Stromquelle für die Fernsteuerung liefert der Wagen, der für die elektrische Beleuchtung und für den Betrieb der Luftheizung bzw. Luftkühlung mit starken Dynamos und Batterien ausgerüstet ist. Der Steuerstromkreis hat 48 V Spannung.

Zusammenfassung.

Die im vorstehenden beschriebene Fernsteuerung zeigt, daß es mit wenigen fernbedienten Schaltern und einfachen Fernmeßgeräten möglich ist, einen kurzen Dampfzug im triebwagenähnlichen Betrieb vom Führerstand eines Steuerwagens aus zu führen. Diese Fernsteuerung hat sich bereits in einem Betriebe von mehreren Monaten gut bewährt.

Der Anstieg der wiederkehrenden Spannung nach Kurzschlußabschaltungen im Netz.

Von Georg Hameister VDE, Berlin.

621. 316. 064. 3

Übersicht. Auf Grund der Verhältnisse in Hochspannungsnetzen wird es als erstrebenswert hingestellt*), daß Schalter einen Spannungsanstieg von 4000 V/µs beherrschen müssen, und zwar unabhängig von ihrer Nenn- und Verwendungsspannung sowie ohne Rücksicht auf zusätzliche Einflüsse durch den Löschvorgang.

Die Bewag führte vor einigen Jahren bei der Prüfung eines Leistungsschalters an ihrem Netz in eindrucksvoller Weise die Bedeutung der Anstiegsgeschwindigkeit der wiederkehrenden Spannung vor. Der Schalter bewältigte die Abschaltung eines Kurzschlusses hinter einer Drosselspule sichtlich sehr schwer, hingegen anschließend bei überbrückter Drosselspule fast die dreifache Abschaltleistung, die seinem Nenn-Ausschaltvermögen entsprach, verhältnismäßig leicht. Dies gab Anlaß, die im Netz vorliegenden Bedingungen für den Spannungsanstieg eingehender zu betrachten. Zunächst erstreckte sich die Untersuchung auf den für den Anstieg hauptsächlich maßgebenden Einfluß, die Einschwingfrequenz[1])[2]). Hieran schließt sich die nachfolgende Arbeit, welche die Bedeutung aller Einflüsse auf den Spannungsanstieg soweit einer Prüfung unterzieht, als sie für den Elektrizitätswerksbetrieb zunächst notwendig erscheint.

Das Ausschaltvermögen.

Die Ausschaltung beansprucht ein Schaltgerät[3]) in erster Linie mechanisch durch den Gas- und Dampfdruck, der entsprechend der Lichtbogenleistung (N) und Schaltarbeit (A) in der Schaltstrecke entsteht. Diese beiden Größen wachsen sehr rasch mit zunehmender Kontaktentfernung und Lichtbogendauer (Abb. 1) und können schließlich zur Zerstörung des Schalters führen.

Es kommt daher darauf an, die Lichtbogendauer möglichst einzuschränken oder, anders ausgedrückt, bei einem der ersten Stromnulldurchgänge nach der Kontakttrennung das Isoliervermögen in der Schaltstrecke schneller wiederherzustellen als die Spannung wiederkommt. Die Zeit bis zur Wiederherstellung des Isoliervermögens wird maßgeblich beeinflußt von der Schalterbauart und auch von der vom Strom abhängigen Vorionisierung in der Schaltstrecke, die Zeit bis zur Wiederkehr der Spannung von deren Höhe und Anstieggeschwindigkeit. Letztere ist durch den Einschwingverlauf von der Löschspitze auf den folgenden Augenblickswert der wiederkehrenden Grundwellenspannung gegeben. Das Produkt aus wiederkehrender Grundwellenspannung und dem Strom bezeichnet man üblicherweise als Abschaltleistung. Sie tritt zwar überhaupt nicht auf, da die Spannung erst nach dem Erlöschen des Stromes erscheint; der Begriff „Abschaltleistung" hat sich jedoch trotzdem durchgesetzt.

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, daß der Abschaltleistung auch eine über das Gewohnheitsrecht hinaus einigermaßen begründete Daseinsberechtigung zukommt. Die größtzulässige Abschaltleistung eines Schalters ist nämlich nach den Erfahrungen in den einander insbesondere hinsichtlich der Ankerrückwirkung und der Eigenfrequenz ziemlich ähnlichen Prüffeldern im Bereich der Nennspannung des Schalters fast konstant (Leistungsgrenze in Abb. 2). Bei niedrigeren Spannungen ist hingegen der größtzulässige Strom konstant (Stromgrenze in Abb. 2); dort sinkt also die Abschaltleistung. Nach dem Neuentwurf zu VDE 0670/1937 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte R.E.H."[4]), § 9, wird daher das Nennausschaltvermögen eines Schalters im oberen, praktisch wichtigeren Spannungsbereich (nahe seiner Nennspannung) durch die Nennausschaltleistung und im unteren Spannungsbereich durch den Grenzausschaltstrom begrenzt, die beide am Verwendungsort nicht überschritten werden dürfen[5]).

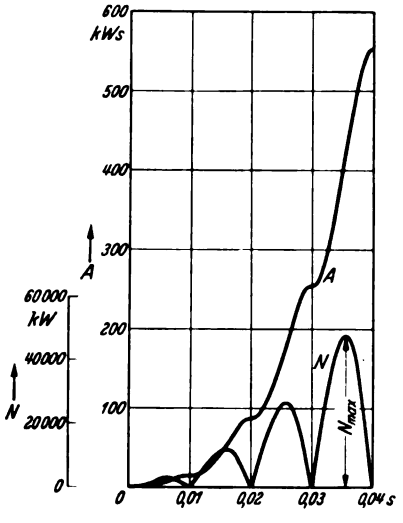


Abb. 1. Lichtbogenleistung (N) und Schaltarbeit (A).

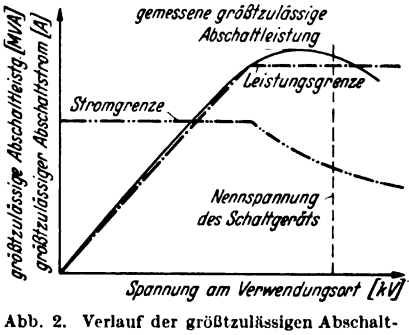


Abb. 2. Verlauf der größtzulässigen Abschaltleistung.

*) Mitteilung aus der Abteilung Elektrotechnik der Berliner Kraft- und Licht (Bewag)-Aktiengesellschaft.

[1]) Krohne, Beitrag zur Frage der Frequenz der wiederkehrenden Spannung bei Kurzschlußabschaltungen. Cigre, Paris 1935, Bericht 116.

[2]) Hameister, VDE-Fachberichte 1935, S. 42.

[3]) Kesselring u. Koppelmann, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 8.

[4]) Vgl. ETZ 57 (1936) H. 23, S. 665.

[5]) Das Ausland begnügt sich mit einem der Grenzwerte.

Digitized by Google

Dies sind die wesentlichen Gesichtspunkte für die Ausschaltung. Es ist zu untersuchen, unter welchen Umständen die unter Prüffeldbedingungen gefundenen Strom- und Leistungsgrenzen am Verwendungsort im Netz nicht gelten. Von Einfluß auf die Ausschaltung könnte die durch das Gleichstromglied verursachte Stromunsymmetrie sein. Ihre Wirkung ist bei Abschaltungen in kürzeren Zeiten als 0,2 s zu beachten. Weiter könnte die Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung im Netz Abweichungen bedingen. Zwei der den Anstieg bestimmenden Faktoren sollen in den neuen R.E.H. zunächst ihre Berücksichtigung finden. Das Nennausschaltvermögen soll für eine bestimmte wiederkehrende Grundwellenspannung, kurz „die wiederkehrende Spannung" genannt, und für einen bestimmten Mindestleistungsfaktor im Kurzschlußkreis eingehalten werden.

Die wiederkehrende Spannung.

Für die Ausschaltprüfung wird eine wiederkehrende Spannung gleich der vollen Nennspannung des Schalters verlangt. Die einpolige Ausschaltprüfung wird, falls sie die dreipolige ersetzen soll, mit einer wiederkehrenden Spannung gleich der 1,5fachen Sternspannung gefordert, da diese bekanntlich an dem erstlöschenden Leiter auftritt. Hier besteht ein beträchtlicher Unterschied zwischen Netz- und Prüffeldbeanspruchung. Schwingt sich die Spannung in einem großen Netz nach Abschaltung eines induktiven Kurzschlußstromes praktisch auf den Scheitelwert

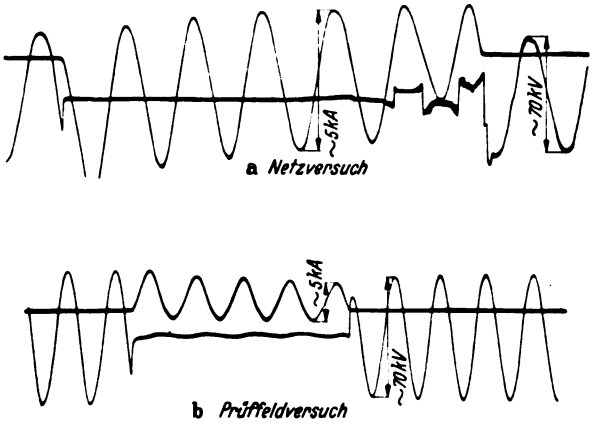


Abb. 3. Netz- und Prüffeldversuch bei ungefähr gleicher Spannung und Abschaltleistung.

der Grundwelle ein, so ist dies bei der gleichen Abschaltleistung im Prüffeld nicht der Fall. Die sehr starke Ankerrückwirkung auf die gegenüber dem großen Netz kleine Prüffeldmaschine vermindert die freiwerdende Spannung bei großen Abschaltleistungen bis auf etwa 60 bis 70 % des Scheitelwertes. Der größte Teil dieser Ankerrückwirkung verschwindet innerhalb der ersten Viertelwelle der Spannung. Die Abb. 3 zeigt den Unterschied des wiederkehrenden Spannungs-Augenblickswertes im Netz- und Prüffeldversuch bei ungefähr gleicher Spannung von rd. 70 kV und gleicher Abschaltleistung von rd. 350 MVA. Die Maschinennennleistung betrug hierbei im Netzversuch etwa 270 MVA, im Prüffeld etwa 50 MVA. Diese Erscheinung ist in den Vorschriften nicht erfaßt, da die wiederkehrende Spannung dem Oszillogramm erst frühestens eine Halbwelle nach endgültiger Lichtbogenunterbrechung entnommen wird.

Auf größere Spannungen, wie sie bei Doppelerdschluß, asynchronem Zuschalten usw. möglich sind, ist in den Regeln wegen ihrer ungewöhnlichen Seltenheit keine Rücksicht genommen. Eine Spannungsverlagerung, die wohl nicht allgemein bekannt ist und nach Feststellungen im Bewag-Netz häufiger zu werden verspricht, ist in Abb. 4 dargestellt. Bei der Abschaltung eines geerdeten Kurzschlusses in einem erdschlußkompensierten Netz mit großem Erdschlußstrom erlöschen die Lichtbogen in den beiden letzten Leitern nicht unbedingt gleichzeitig, wie es in Prüffeldern sein muß; ein Lichtbogen kann weiterbrennen. Am vorletzten Leiter kehrt dann nach der Abschaltung die verkettete Spannung wieder. Der Kurz-

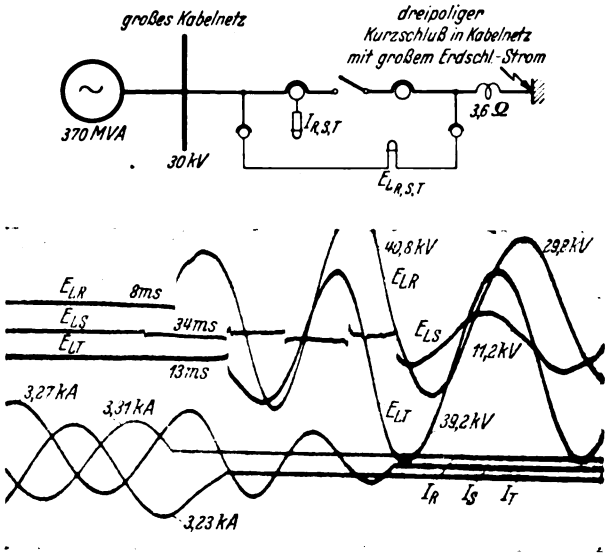
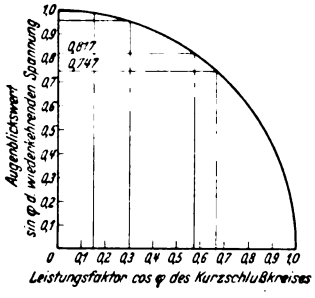


Abb. 4. Verspätetes Löschen eines Schalterpoles.

schlußstrom des letztlöschenden Leiters geht hier über den Stoßerdschlußstrom in den Reststrom des kompensierten Netzes über. Eine solche Abschaltung ist unerwünscht, da sie zum Ansprechen aller unverzögerten Erdschlußrelais und Meldeeinrichtungen führt und eine unnötige Beanspruchung und Beunruhigung des Netzes mit sich bringt.

Der Leistungsfaktor des Kurzschlußkreises[6]).

Bei der Festsetzung des für Schalterprüfungen in Prüffeldern größtzulässigen Leistungsfaktors schwankte man zwischen den Werten 0,3 und 0,15, wobei der Lichtbogenwiderstand nicht einbezogen ist. Netzkurzschlüsse können



$\cos\varphi_1 = 0{,}15$ entspricht $\sin\varphi_1 = 0{,}989$

$$= \frac{0{,}989}{\sqrt{0{,}15^2 + 0{,}989^2}} = \frac{x_1}{\sqrt{R_1^2 + x_1^2}}$$

$\cos\varphi_2 = 0{,}3$ entspricht $\sin\varphi_2 = 0{,}954$

$$= \frac{0{,}954}{\sqrt{0{,}3^2 + 0{,}954^2}} = \frac{x_2}{\sqrt{R_2^2 + x_2^2}}.$$

Durch zusätzlichen Lichtbogenwiderstand R entsteht

$$\sin\varphi_1' = \frac{x_1}{\sqrt{(R_1 + R)^2 + x_1^2}} \quad \text{bzw.}$$

$$\sin\varphi_2' = \frac{x_2}{\sqrt{(R_2 + R)^2 + x_2^2}}.$$

Größter Unterschied Δ nach $\frac{d(\sin\varphi_1' - \sin\varphi_2')}{dR} = \frac{df(R)}{dR} = 0$

bei $R = 0{,}55$ entsprechend

$\sin\varphi_1' = 0{,}817$	$\Delta = 0{,}07$
$\sin\varphi_2' = 0{,}747$	$\Delta = 7\,\%$ bezogen auf 1
	$\Delta = 9{,}4\,\%$ „ „ 0,747

Abb. 5. Einfluß des Leistungsfaktors auf den Augenblickswert der wiederkehrenden Spannung.

zwar, wenn sie nahe hinter einem Generator, einem Umspanner oder einer Drosselspule liegen, einen $\cos\varphi$ bis unter 0,15 aufweisen; jedoch ist der Unterschied in den Augenblickswerten der beim Erlöschen des Stromes wiederkehrenden Spannung gering (Abb. 5). Bei rein induktivem Stromkreis, also $\cos\varphi = 0$, würde nach dem Er-

[6]) Kaufmann, ETZ 56 (1935) S. 1091.

Digitized by Google

löschen der Scheitelwert der Spannung wiederkehren, bei $\cos\varphi = 0{,}15$ sind es 98,9 %, bei $\cos\varphi = 0{,}3$ 95,4 %. Dies ändert sich durch den zusätzlichen Lichtbogenwiderstand. Das Hinzufügen ein und desselben Lichtbogenwiderstandes vermindert den wiederkehrenden Augenblickswert bei einem $\cos\varphi = 0{,}3$ stärker als bei $\cos\varphi = 0{,}15$, da man in den steileren Bereich der Kreisfunktion gerät. Wie die einfache Nebenrechnung zeigt, kann der Unterschied bis zu fast 10 % betragen, bezogen auf die kleinere wiederkehrende Spannung. Dies ist wohl vernachlässigbar, schon deshalb, weil der Unterschied erst bei ziemlich hohem, nicht gerade alltäglichem Lichtbogenwiderstand entsteht.

Ist ein Leistungsfaktor $\cos\varphi \leqq 0{,}15$ vorgeschrieben, so kann ein Prüffeld, das z. B. nur $\cos\varphi = 0{,}3$ verwirklichen kann, auf alle Fälle die für 0,15 geltende Abschaltleistung einhalten. Es braucht — insbesondere bei Abschaltungen mit hohem Lichtbogenwiderstand — nur mit einer Spannung zu prüfen, die um fast 10 % über der verlangten und in die Berechnung der Abschaltleistung eingehenden wiederkehrenden Spannung liegt. Es soll sich gezeigt haben, daß ein Schalter bei $\cos\varphi = 0{,}15$ offensichtlich schwerer schaltet als bei 0,3. Vermutlich ist dies nicht allein auf die allerhöchstens bis zu 10 % größere Spannung zurückzuführen.

Der Einschwingverlauf.

Die Festlegung der wiederkehrenden Grundwellenspannung und des Leistungsfaktors ist der Anfang für die Behandlung von Höhe und Anstieg der Spannung. Der vielfach maßgebende Einschwingverlauf ist mangels praktischer Erfahrungen noch nicht in Bestimmungen erfaßt. Schweden hat vorgeschlagen, für die Eigenfrequenz der Prüffelder einen Mindestwert von 5000 Hz vorzuschreiben. In Deutschland ist die Frage noch ganz offen gelassen.

Zur Beurteilung des Einschwingverlaufs ist von den Netzverhältnissen auszugehen. Man weiß[7]), daß Schalter, die nahe vor oder hinter einem Umspanner oder einer Drosselspule eingebaut sind und einen hinter diesen Anlageteilen liegenden Kurzschluß abschalten, durch Einschwingwellen hoher Frequenz und Spannungsamplitude beansprucht werden können. Nicht ganz so hoch sind die von Generatoren herrührenden Einschwingfrequenzen. Die Eigenfrequenzen von Drosselspulen sind am höchsten. Wegen der kleinen Kapazität der Drosselspulen setzen aber wenige Meter Leitung, die in der Regel zwischen Drosselspule und Schalter vorhanden sind, die Frequenzen merklich herab. Sie liegen dann ungefähr in gleicher Höhe wie bei Umspannern großer Nennleistung. Deren Frequenzen können erst einige Meter Kabel, längere Sammelschienen und ähnliche Kapazitätsträger zwischen Umspanner und Schalter spürbar vermindern. Mit dem Vorhandensein solcher Kapazitäten ist aber nicht immer zu rechnen. Sowohl bei Drosselspulen wie bei Umspannern steigen die Frequenzen mit abnehmender Nennspannung und wachsender Nenn- bzw. Durchgangsleistung. Sie können 20 kHz bei 100 kV, 50 kHz bei 30 kV und 150 kHz bei 6 kV überschreiten.

Entfiel der Spannungsabfall im Kurzschluß hauptsächlich auf einen Umspanner oder eine Drosselspule in unmittelbarer Nähe des Schalters, wie es in Abb. 6[8]) dargestellt ist, so besitzt die durch diese Induktivität erzeugte hochfrequente Einschwingwelle einen verhältnismäßig hohen Spannungsscheitelwert. In diesem im Betrieb recht häufigen Sonderfall wird die Schaltstrecke durch eine einzige Einschwingwelle von sehr hoher Frequenz und hohem Scheitelwert beansprucht.

Mit den genannten hohen Frequenzen ist der steilste Anstieg noch nicht erfaßt. Sie gelten für die Grundwellen der Umspanner und Drosselspulen. Da die Induktivität und Kapazität dieser Betriebsmittel längs der ganzen Wicklung verteilt sind, können auch Oberwellen auftreten, wenn solche angeregt werden. Anscheinend erfolgt dies im allgemeinen nicht. Die Erfahrung[9]) hat aber gezeigt, daß bei Auftreten besonders ausgeprägter Löschspitzen den Grundfrequenzen zuweilen höhere Harmonische mit

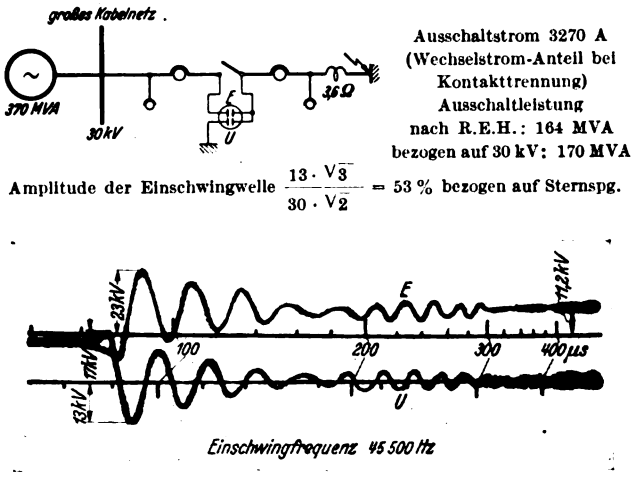
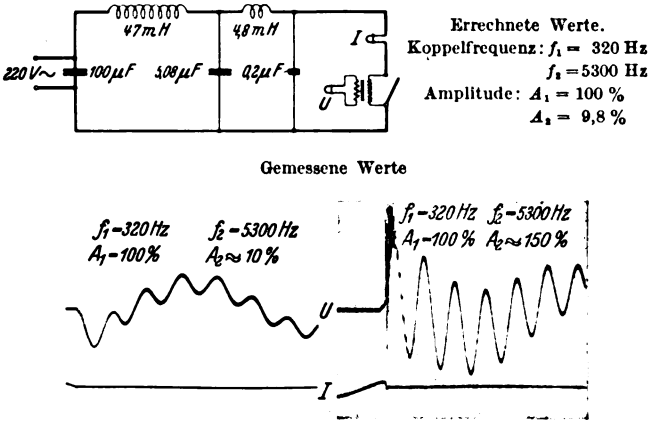


Abb. 6. Einschwingvorgang am letztlöschenden Pol.

beträchtlichen Schwingweiten überlagert sind. Es läßt sich rechnerisch zeigen, daß eine Lichtbogenspitze ein Frequenzgemisch darstellt, das eine Oberwelle durch Resonanz anregen kann[10]). Wahrscheinlich sind die hohen Amplituden der Oberwellen auf die Resonanz zurückzuführen. Bei Hochspannungsversuchen läßt sich die genaue Herkunft der Oberwellen nicht leicht nachweisen. Einen schönen Beweis für die erwähnte Anregungsmöglichkeit zeigt jedoch Abb. 7. Sie stellt Abschaltungen mit Niederspannung an einem Modell dar, das aus zwei einfachen, gekoppelten Schwingkreisen bestand. Hierfür lassen sich die beiden im Einschwingvorgang auftretenden Koppelfrequenzen und zugehörigen Amplituden genau berechnen, letztere aber nur, wenn der Strom im Nulldurchgang unter-



a) Unterbrechung im Stromnulldurchgang b) Unterbrechung während der Stromhalbwelle

Abb. 7. Anregen einer hohen Frequenz.

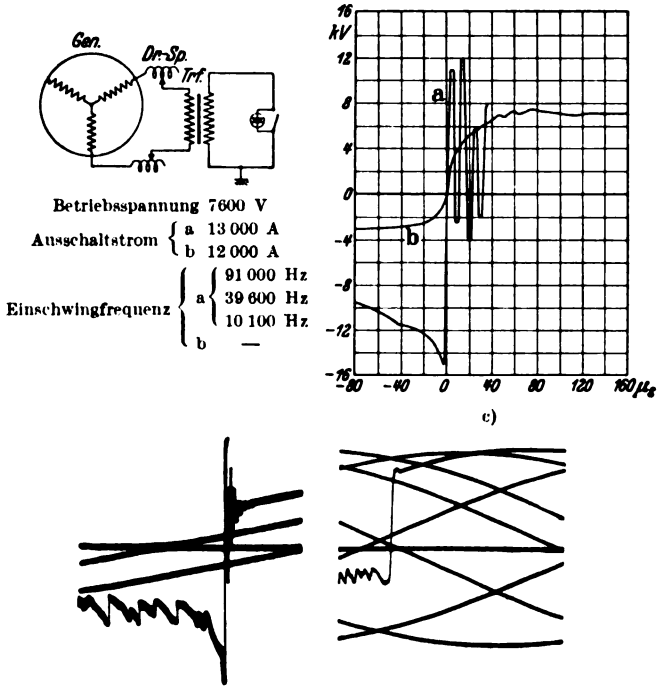
brochen wird. Wie Aufnahme a) zeigt, stimmten Rechnung und Versuch für Schalten im Stromnulldurchgang genau überein. Die höhere Frequenz ist nur mit 10 % der tieferen beteiligt. Aufnahme b) zeigt hingegen das Ergebnis für den Fall, daß der Strom gewaltsam vorher unterbrochen wurde. Der steile Abfall des Stromes erzeugt eine dem Verlauf der Löschspitze entsprechende

[7]) Wie Fußnote 1 und 2.
[8]) Die Abb. 6 gibt eine am 30 kV-Netz der Bewag durchgeführte Prüfung wieder, deren räumliche Anordnung einem betriebsmäßigen Kurzschlußfall so genau wie möglich entsprach. Näheres unter Fußnote 1.
[9]) v. Borries u. Kaufmann, Z.VDI 79 (1935) S. 597.
[10]) Kesselring, Cigre, Paris 1935, Bericht 134.

Digitized by Google

Überspannung in den Induktivitäten. Wie man sieht, vergrößert sie die den Einschwingvorgang anstoßende Spannung erheblich; außerdem beträgt jetzt die Amplitude der höheren Frequenz nicht 10 %, sondern 150 % der langsameren Welle. Bei solchen Versuchen wurde sogar noch eine bis zu 20mal stärkere Anregung, d. h. eine 300fache Vergrößerung der hochfrequenten Amplitude festgestellt. Selbstverständlich kann die steile Löschspitze oder hier die Überspannungsspitze nur eine vorhandene höhere Frequenz anregen und keine neue erzeugen.

Bei Hochspannungskurzschlüssen im Netz hat die Bewag, vielleicht mangels genügend zahlreicher Versuche und eines wirklich geeigneten Aufnahmeverfahrens, noch keine Anregung von Oberwellen festgestellt. Hingegen wurden sie in seltenen Fällen vorgefunden, als einmal die Eigenfrequenzen von Umspannern und Drosselspulen durch Kurzschlußabschaltungen mit Niederspannung bestimmt wurden[11]). Beispielsweise bestand der Einschwing-



a) Delon-Ölschalter b) einfacher Ölschalter nach van Sickle u. Berkey, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 52 (1933) S. 852

Abb. 8. Abschaltung des gleichen Kurzschlußkreises durch zwei verschiedene Schalter.

vorgang nach Abschaltung eines sekundär kurzgeschlossenen 6/0,4 kV-Umspanners von 500 kVA in etwa sechs Aufnahmen aus nur einer einzigen Welle von rd. 45 000 Hz; einmal war dieser auch rechnungsmäßig zu erwartenden Grundwelle etwa die 8. Oberwelle, also 360 kHz überlagert, deren Anfangsamplitude auf ungefähr die gleiche Größe wie diejenige der Grundwelle zu schätzen war. Der Schalter erschwert sich durch die Löschspitze scheinbar seine Arbeit; sie erhöht die den Einschwingvorgang anstoßende Spannung und kann außerdem höhere Frequenzen anregen, setzt also sowohl die Höhe als auch die Anstiegsgeschwindigkeit der wiederkehrenden Spannung herauf. Da aber die Festigkeit der Gasstrecke bei einer Löschung mit Löschspitze bereits vor dem Stromnulldurchgang verhältnismäßig groß[12]) ist, so ist anzunehmen, daß in einem solchen Fall die starke Ausbildung der Schwingungen höherer Frequenz und die Spannungszunahme keine höhere Beanspruchung bedeuten.

Die Betrachtung wäre nicht vollständig, wenn man nicht auch eine Schaltereigenschaft mit gegenteiliger Wirkung auf Anstieg und Höhe, nämlich die Leitfähigkeit der Schaltstrecke in und kurz nach dem Löschzeitpunkt berücksichtigt. Die Größe dieser Leitfähigkeit wird schwer bestimmbar sein. Metalldämpfe leiten beispielsweise bei bestimmten Temperaturen überhaupt nicht. Die Schaltstrecke wird aber räumlich in der Umgebung dieser Temperaturstellen und zeitlich in der nächsten Umgebung des Löschzeitpunktes einen ziemlich niedrigen Widerstand darstellen, der gerade bei höchsten Einschwingfrequenzen im günstigen Sinne wirken kann. Bezeichnenderweise trat z. B. die nach dem Schaltbild in Abb. 7 gemessene Anregung der hochfrequenten Welle praktisch nur dann ganz besonders stark auf, wenn die Abschaltung ohne Lichtbogenspannung, also bei plötzlichem Übergang des Schalterwiderstandes von 0 auf ∞ erfolgte.

Den Einfluß eines Schalters auf den Einschwingvorgang gibt Abb. 8 wieder. Sie zeigt die Aufnahmen von zwei Abschaltungen des gleichen Kurzschlußkreises mit verschiedenen Schaltern. a) stellt die Abschaltung durch einen leistungsfähigen neuzeitlichen Schalter, b) durch einen Ölschalter an der Grenze seines Schaltvermögens dar. In c) ist der Übergang von der Lichtbogenspannung zur wiederkehrenden Spannung nach a) und b) herausgezeichnet. Hier unterdrückt die Dämpfung durch den niedrigen Widerstand in der Schaltstrecke die Löschspitze und das periodische Einschwingen und setzt die Steilheit des Überganges erheblich herab. Die zeitlich sehr veränderliche Größe dieses Widerstandes sorgt vermutlich im Zusammenhang mit dem unterschiedlichen Verhalten der Löschspitze dafür, daß von unbekannten Einschwingfrequenzen ab mit ihrer weiteren Zunahme keine höhere Beanspruchung der Schalter verbunden ist. Hier ruht ein noch ungelöstes Kurzschlußproblem. Es bedarf eingehender Untersuchung hinsichtlich des Verlaufs der Löschspitze, des Stromes und der Spannungsfestigkeit[13]) in der Schaltstrecke kurz vor und nach dem Nulldurchgang und des anschließenden Einschwingvorganges.

Zusammengefaßt ergibt sich demnach folgendes: Die Anstiegsgeschwindigkeit und die Höhe der wiederkehrenden Spannung hängen von der Grundwelle, dem Leistungsfaktor im Kurzschlußkreis und dem Einschwingverlauf ab. Der Einschwingverlauf ist hauptsächlich gegeben durch die Einschwingwelle (*1*), die Löschspitze (*2*), die Dämpfung durch die Leitfähigkeit in der Schaltstrecke (*3*) und die nachfolgende Dämpfung allein durch den ohmschen Widerstand der Leitungsbahn (*4*). Der Einfluß (*4*) ist vernachlässigbar[14]). (*2*) und (*3*) sind Schaltereigenschaften in Abhängigkeit von den gerade vorliegenden Netzverhältnissen. Hierzu gehört auch die Anregung von Oberwellen. Diese Eigenschaften erschweren die Ausschaltung nicht unbedingt und sind jedenfalls von den Schalterherstellern zu berücksichtigen und nicht von den Elektrizitätswerken. Die Werke brauchen nur die Frequenzen und Spannungsamplituden der Grundwellen ihrer Umspanner und Drosselspulen zu kennen und dem Einschwingverlauf zugrundezulegen, den das Netz im ungünstigsten Falle bedingt.

(Schluß folgt.)

[11]) Wie Fußnote 2.

[12]) Wie Fußnote 9.

[13]) Slepian, Elektrotechn. u. Maschinenb. 53 (1935) S. 180.

[14]) Kaufmann, VDE-Fachberichte 1935, S. 39.

Digitized by Google

Gewittermessungen an Hochspannungsleitungen in der Schweiz.

621. 315. 1. 08 : 551. 594. 221

K. Berger berichtet in Fortsetzung früherer Veröffentlichungen[1]) über die Ergebnisse der Gewitteruntersuchungen an Schweizer Hochspannungsleitungen in den Jahren 1934 und 1935. Die Messungen wurden ausgeführt

1. an der rd. 55 km langen 150 kV-Gotthardleitung Lavorgo—Amsteg, an die sich in Lavorgo eine 8,2 km lange und in Amsteg eine rd. 58 km lange Fortsetzung anschließt;
2. an der rd. 120 km langen 80 kV-Einfachleitung Lavorgo—Bodio—Veveri, die zwischen den beiden ersten Orten auf rd. 8,2 km mit der Gotthardleitung auf denselben Masten verlegt ist. Die 150 kV-Leitung hat waagerecht angeordnete Leiter- und zwei Erdseile. Sie hat in den Abschnitten mit schlechten Masterdungswiderständen Ketten aus sechs Vollkernisolatoren, sonst viergliedrige Ketten. Die 80 kV-Leitung hat nur ein Erdseil.

Folgende Meßeinrichtungen waren eingebaut:

1. an der 150 kV-Gotthardleitung: Ein dreipoliger Kathodenstrahl-Oszillograph (KO.) in Lavorgo, also 8,2 km vom einen Leitungsende, vier Klydonographen an den beiden Leitungsenden sowie in Lavorgo und Amsteg, ferner an 100 Masten rd. 600 Mast- und Erdseil-Stahlstäbchen für die Blitzstromstärkenmessung und Einschlagstellenbestimmung (nach dem Verfahren der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen[2]) und schließlich an 50 Masten Steilheitsmesser, bestehend aus einem kleinen Klydonographen an einer rd. 3,3 m langen Drahtschleife parallel zu einem Masteckeisen zur Bestimmung der Steilheit des Stromanstieges beim Blitzstromdurchgang;
2. an der 80 kV-Leitung: Am Leitungsende in Lavorgo ein dreipoliger KO.[3]) und ein Klydonograph sowie in Bodio (8,2 km von Lavorgo) ein zweiter Klydonograph zur Überspannungsmessung.

Aus den Kathodenstrahl-Oszillogrammen ergaben sich die Häufigkeitskurven der Abb. 1 für die Überspannungen auf beiden Leitungen in den beiden Jahren. Als Überspannung ist dabei jede kurzzeitige Erhöhung der Spannung über den Augenblickswert der Betriebsspannung hinaus gezählt. Die Scheitelwerte der betriebsmäßigen Spannungen der Leiter gegen Erde liegen bei rd. 125 und 65 kV; die Überspannungen sind also keineswegs sehr hoch. Es ist

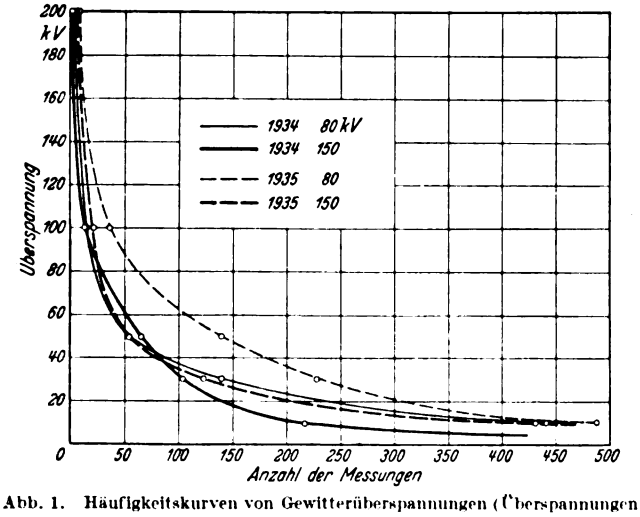


Abb. 1. Häufigkeitskurven von Gewitterüberspannungen (Überspannungen über dem Augenblickswert der Betriebsspannung) aus KO.-Messungen.

aber dabei zu beachten, daß die Entstehungsstelle der Überspannungen auf den Leitungen in vielen Fällen mehr oder weniger weit von der KO.-Meßstelle entfernt ist, also nicht die wirkliche Überspannung am Einschlagort, sondern ein durch Leitungsdämpfung abgesenkter Spannungswert gemessen wird. Immerhin zeigen die Kurven übereinstimmend, daß hohe Überspannungen selten sind. Die mit dem Klydonographen gemessenen Überspannungen sind in ihrer Häufigkeitsverteilung in Abb. 2 aufgetragen.

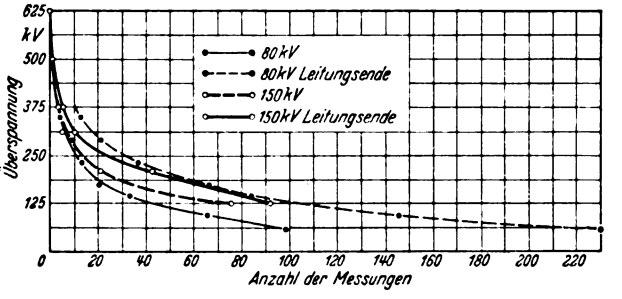


Abb. 2. Häufigkeitskurven von Gewitterüberspannungen (gegen Erde) nach Klydonographen-Messungen.

Die im Vergleich zu den KO.-Messungen sehr viel höheren Überspannungen werden als Falschmessungen bezeichnet. [Anm. d. Ber.: Die hohen Spannungswerte dürften wohl bei den steilen Blitzstromdurchgängen in den Schleifen der Niederspannungsseite der Spannungsteiler induziert worden sein.] Die mit „Leitungsende" bezeichneten Kurven liegen über den beiden anderen, die im Leitungszug gemessen worden sind.

Aus den Stahlstäbchenmessungen liegen wegen der kurzen Einbauzeit erst verhältnismäßig wenig Werte vor. Es sind folgende Mastströme gemessen worden:

5 bis 10 kA in 6 Masten
10 „ 20 „ „ 5 „
10 „ 30 „ „ 1 Mast
30 „ 40 „ „ 1 „

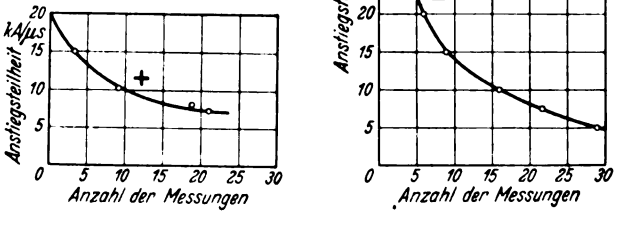


Abb. 3. Häufigkeitskurven von Anfangsteilheiten der Blitzströme in Masten.

Erdseilströme sind bis zu 10 kA vorgekommen. Diese Ergebnisse liegen ganz im Rahmen der deutschen und auch der amerikanischen Untersuchungen gleicher Art.

Von besonderer Bedeutung sind die Messungen der Anstiegsteilheit der Blitzströme in den Masten. Abb. 3 enthält zwei Häufigkeitsverteilungen für positive und negative Steilheiten der Mastströme. In sechs Fällen wurden von diesen Meßgeräten Mehrfach-Klydonogramme aufgezeichnet; ob es sich hier um Mehrfach-Blitzentladungen oder um zeitlich weiter auseinanderliegende Einschläge handelt, kann aus den Steilheitsmessungen ebensowenig entnommen werden wie aus den Stahlstäbchenangaben. Auf Grund der Anzeige der Steilheitsmesser wird angenommen, daß über die von den Stahlstäbchen nachgewiesenen Einschläge hinaus auch noch ganz stromschwache Blitzeinschläge von wenigen 1000 A vorkommen. [Anm. d. Ber.: Die festgestellten Werte der Anstiegsteilheiten bis

[1]) K. Berger, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 22 (1931) S. 421; 23 (1932) S. 289; 25 (1934) S. 213. Der hier behandelte Aufsatz erschien: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 145.
[2]) H. Grünewald, ETZ 55 (1934) S. 505 u. 536. — H. Zaduk, ETZ 56 (1935) S. 475; 57 (1936) H. 16, S. 443.
[3]) Der KO. wurde entweder auf die 150- oder die 80 kV-Leitung geschaltet.

Digitized by Google

zu 40 kA/µs stimmen mit ähnlichen anderen Messungen[4]) sehr gut überein und stellen eine wertvolle Grundlage für mancherlei Untersuchungen über den Einschlagvorgang in Hochspannungsleitungen und seine Folgen dar.]

Aus den zahlreichen Kathodenstrahl-Oszillogrammen ist das der interessantesten Überspannungserscheinung in Abb. 4 wiedergegeben. Es handelt sich hier um einen Blitzschlag in die 150 kV-Leitung in 13,7 km Entfernung von der KO.-Meßstelle. Die Einschlagstelle ist durch Stahlstäbchen einwandfrei nachgewiesen. Man erkennt auf den Leitern *I* und *II* zwei nahezu gleich verlaufende Vorgänge, bei denen die Spannung gegen Erde nicht über 250 kV hinausgeht. Auf dem Leiter *III* ist dagegen eine beträchtliche Überspannung von rd. 450 kV aufgetreten. Die erste Spitze rührt von dem ersten Durchlauf der Überspannungswelle, die zweite von der Welle her, die am 8,2 km weit entfernten offenen Leitungsende zurückgeworfen

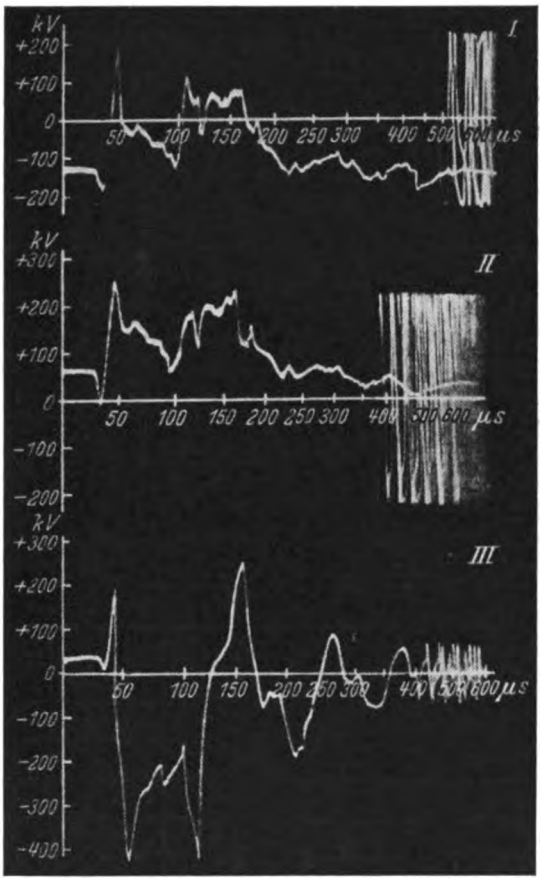


Abb. 4. Kathodenstrahl-Oszillogramm von Überspannungen infolge eines Blitzeinschlages in die 150 kV-Leitung.

worden ist. Der Zusammenbruch der zweiten Spannungsspitze ist auf das Ansprechen einer Schutzfunkenstrecke am Leitungsende zurückzuführen. [Anm. d. Ber.: Da an der Einschlagstelle zum Überschlag über die Kette aus sechs Vollkernisolatoren etwa 1100 kV erforderlich sind, die erste Überspannungsspitze aber nur rd. 450 kV beträgt, muß die Überspannungswelle auf ihrem Laufweg von rd. 14 km auf rd. 41 % abgesenkt worden sein.] Der Fall ist auch deshalb noch bedeutsam, weil an der Einschlagstelle ein Bodenseil verlegt ist. Die Widerstandsverhältnisse des betreffenden Mastes (die Stahlstäbchen zeigen einen Masteinschlag an) liegen aber so, daß es fraglich ist, ob ein rückwärtiger Überschlag oder ein Leiterseileinschlag vorliegt. [Anm. d. Ber.: Die Polaritäten der Stahlstäbchen sind bei einem Leiterseileinschlag mit Überschlag dieselben wie bei einem Masteinschlag, so daß die Stahlstäbchenangaben der Annahme eines Leiterseileinschlages nicht widersprechen.] Die Steilheitsmessung ergab im betroffenen Mast 15,5 kA/µs. In den Kathodenstrahl-Oszillogrammen ist bemerkenswert, daß in allen drei Leitern dem eigentlichen großen Anstieg der Überspannung ein Ausschlag nach der anderen Seite vorangeht. Eine Erklärung hierfür besteht noch nicht.

Von einem Einschlag in 37,4 km Entfernung von der KO.-Meßstelle, der ebenfalls einen Überschlag auf der Leitung hervorrief, ist eine Spannungswelle von rd. 150 kV gemessen worden (das wäre also eine Absenkung auf 13 %). In dem vom Einschlag betroffenen Mast ist eine Blitzstromsteilheit von 37 kA/µs gemessen worden.

Die Veröffentlichung enthält noch mehrere Kathodenstrahl-Oszillogramme, die an der 80 kV-Leitung aufgenommen worden sind. Da an dieser Leitung keine Stahlstäbchen eingebaut sind, liegen die Einschlagstellen nur teilweise fest. Neben Oszillogrammen, die in einem Leiter eine wesentlich höhere Überspannung als in den beiden anderen aufweisen, sind an dieser Leitung auffallenderweise auch mehrere Oszillogramme aufgenommen worden mit fast genau übereinstimmenden Vorgängen in den drei Leitern. Der Bericht enthält keine Erklärung dafür, welcher Art diese Vorgänge sind. Die Spannungshöhe der Wellen liegt zwischen 50 und 300 kV.

In den Folgerungen aus den Meßergebnissen wird auf die immer noch nicht genügend geklärte Frage hingewiesen, welchen Widerstandswert die Masterdungen bei Stoßvorgängen haben, besonders wenn die Masten auf Felsboden stehen, der mit einer schwachen Humusschicht bedeckt ist. Gerade für Gebirgsleitungen, wie sie in der Schweiz häufig vorkommen, ist diese Frage von großer Bedeutung. Bezüglich des Bodenseiles wird die Ansicht vertreten, daß es bei Blitzströmen von sehr großer Anstiegsteilheit außer der widerstandabsenkenden Wirkung noch einen abschirmenden Einfluß für die Leitung haben müsse.

Aus den gemessenen Blitzstromsteilheiten und den bekannten Erdungswiderständen der Masten lassen sich die Anstiegsteilheiten der Stoßpannungen errechnen, welche die Isolation beanspruchen. Als möglicher Höchstwert wird für Masten bis zu 20 Ω Erdungswiderstand 1000 kV/µs, als Durchschnittswert etwa die Hälfte angegeben[5]). Diese Steilheiten treten aber nur an dem betroffenen Mast auf. Die Steilheiten sind schon an den Nachbarmasten wesentlich geringer. Für Einschläge in Leiterseile von Eisenmastleitungen wird die Steilheit des Spannungsanstieges mit dem Wellenwiderstand von 500 Ω errechnet, was Größtwerte von etwa 5000 kV/µs ergibt. Mit den gemessenen Steilheitswerten des Stromanstieges wird nachgerechnet, über welchen Abstand zwischen zwei senkrechten Blitzauffangstangen noch Funken überschlagen können. Dabei ergibt sich für 10 m hohe Auffangstangen, die in der Erde miteinander verbunden sind, ein Abstand von 60 cm, der nicht mehr überschlagen werden kann.

Die Kathodenstrahl-Oszillogramme enthalten nach den eigentlichen Blitzüberspannungen jeweils noch Schwingungsvorgänge, aus deren Frequenz ein Rückschluß auf die Entfernung der Fehlerstelle gezogen wird. [Anm. d. Ber.: Dies ist aber nur bei einfachen Leitungsschaltungen möglich.] Aus den Frequenzen dieser Schwingungen und der tatsächlichen Fehlerortentfernung, die durch die Stahlstäbchen oder aus festgestellten Schäden bekannt ist, wird eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen auf der Leitung errechnet, die etwa 10 % unter der Lichtgeschwindigkeit liegt. Dieses Ergebnis wird als Folge der Überlagerung mehrfacher Wellengruppen gedeutet, die sich auf den drei Leitern ausbilden.

H. Grünewald VDE, Berlin.

[4]) H. Norinder, ETZ 57 (1936) H. 15, S. 415.

[5]) Vgl. auch V. Aigner, ETZ 56 (1935) S. 497.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 316. 975. 014. 3 **Erdschluß- und Doppelerdschluß-Stromverteilung in elektrischen Netzen und ihr Einfluß auf den Schutz.** — Für die Planung eines selektiven Erdschlußschutzes ist es erforderlich, die Erdschlußstromverteilung zu kennen. In der Arbeit ist ein Verfahren angegeben, nach dem mit bekannten Mitteln die Erdschlußstromverteilung auch für stark vermaschte Netze berechnet werden kann. Ausgegangen wird hierbei von der bekannten Tatsache, daß im Erdschlußfalle an der Erdschlußstelle zwischen Nullpunkt und Erde eine Nullspannung entsteht, die über die Netzkapazitäten gegen Erde, die Ableitungswiderstände und Erdschlußspulen Ströme treibt (Abb. 1). Im kompensierten Netz fließen

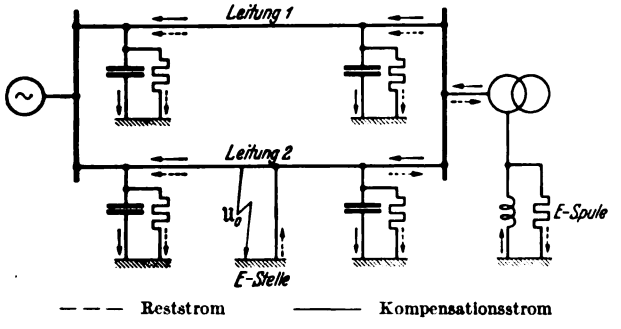
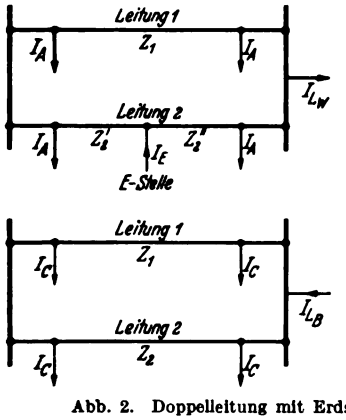


Abb. 1. Doppelleitung mit Erdschluß-Reststrom und Kompensationsstrom.

an der Erdschlußstelle, abgesehen von Oberwellenströmen, nur der Erdschlußrestwirkstrom. Die Erdschlußblindströme (Kompensationsströme) fließen nicht an der Erdschlußstelle, sondern nur von den Spulen zu den Leitungskapazitäten. Bei dem erwähnten Rechenverfahren wird nun der Reststrom und der Kompensationsstrom getrennt voneinander berechnet. Zur Berechnung beider Teilströme werden dieselben bekannten Verfahren angewendet, mit denen die Belastungsströme in vermaschten Netzen ermittelt werden (Versetzen der Lasten, Momentensatz usw.). Bei der Berechnung des Reststromes (Abb. 2) werden hierfür alle Ableitungswiderstände der



a) Reststromberechnung:
I_A Ableitungsstrom
I_E Erdschluß-Restwirkstrom
I_{L_W} Wirkanteil des Spulenstromes

$$I_E = \sum I_A + \sum I_{L_W}$$

b) Kompensationsstromberechnung:
I_C Ladestrom
I_{L_B} Blindanteil des Spulenstromes

$$\sum I_{L_B} = \sum I_C$$

Abb. 2. Doppelleitung mit Erdschluß-Ersatzschaltbildern.

Leitungen mit Erdschlußspulen als Lasten in einem Netz angenommen, während die Erdschlußstelle selbst die Kraftquelle darstellt. Bei der Berechnung der Kompensationsströme werden die Erdschlußspulen als Kraftquellen angenommen und die Leitungskapazitäten gegen Erde als Lasten.

Damit der hiernach geplante Erdschlußschutz, der beispielsweise auf der Verteilung der Nullwirkleistungen beruhen kann, bei Doppelerdschlüssen keine Fehlauslösungen hervorruft, muß auch die Stromverteilung bei Doppelerdschlüssen bekannt sein.

Ohne auf das Berechnungsverfahren, das im wesentlichen mit den bekannten Verfahren zur Berechnung von Kurzschlußstromverteilungen übereinstimmt, näher einzugehen, ist als besonders bemerkenswertes Ergebnis hervorzuheben, daß bei mehrfacher Speisung des Netzes auch der gesunde Leiter Strom führen kann. Dieser Strom rührt daher, daß die Kraftwerksspannungen gegenseitig um den Spannungsabfall des bei Doppelerdschluß auftretenden Nullstromes in den Netzwiderständen verschoben werden.

Aus der Berechnung der Doppelerdschluß-Stromverteilung ergibt sich eindeutig, daß Fehlauslösungen des Erdschlußschutzes an jeder beliebigen Stelle möglich sind, da Nulleistungen erheblicher Größe auftreten können, deren Verteilung sich grundsätzlich von der bei Erdschluß unterscheidet.

Diese Fehlauslösungen können verhindert werden

1. durch Anwendung von Drehfeldscheidern, die auf das bei Doppelerdschluß auftretende Gegensystem ansprechen und den Anwurf der Erdschlußrelais sperren oder
2. durch Anwendung von Erdschlußrelais, deren Auslösezeiten größer als die Zeiten des Kurzschlußschutzes sind. Der Erfolg beider Maßnahmen hängt stark vom Aufbau des Netzes und den Eigenschaften der Relais ab. Es gibt Fälle, in denen beide Maßnahmen nicht zum vollen Erfolg führen.

[H. Titze, Dissertation T. H. Berlin 1935.] *Vb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 785 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 406[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird dem System $\boxed{162}$ folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System $\boxed{162}$, die Form DW6ko, Wechselstrom-Induktions-Doppelzähler, hergestellt von der **Deutschen Zähler-Gesellschaft m. b. H.** in **Hamburg.**

Berlin-Charlottenburg, den 15. April 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
In Vertretung:
Henning".

Beschreibung[2]):

Die Zähler der Form DW6ko dienen zur Messung des Energieverbrauches, wenn gleichzeitig zwei verschiedene Verbrauchsapparate oder Gruppen von Verbrauchsapparaten beliefert werden, deren Verbrauch zu unterschiedlichen Preisen verrechnet werden soll. Der Zähler besteht aus zwei Wechselstromzählern, die in ein gemeinsames Gehäuse eingebaut sind. Die beiden Einzelzähler stimmen in Aufbau, Wirkungsweise, Schaltung und in ihren Eigenschaften mit den durch die Bekanntmachung Nr. 376 vom 29. Januar 1935 zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzählern der Form W6ko überein[3]).

Die Zähler der Form DW6ko können für die gleichen Meßbereiche wie die Zähler der Form W6ko beglaubigt werden.

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 107.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 406. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[3]) ETZ 56 (1935) S. 767.

Digitized by Google

Elektrisches Prüfamt 32. — Die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 32 in Breslau ist wie folgt erweitert[1]):

Für Gleichstromprüfungen bis 1500 A 600 V.

Beleuchtung.

621. 398 : 628. 971 **Die Fernschaltanlage des EW Potsdam zum Schalten der Straßenbeleuchtung und von Verbrauchern.** — Durch Überlagerung tonfrequenter Ströme über das vorhandene Starkstromnetz werden in Potsdam Fernschaltungen vorgenommen; die besondere Durchbildung des Systems ist unter dem Namen Telenergsystem bekannt geworden. In erster Linie wird die Straßenbeleuchtung geschaltet, da aus Gründen des Luftschutzes eine plötzliche schlagartige Verdunkelung zu jeder beliebigen Zeit verlangt wurde. Gleichzeitig wird die Anlage aber auch dazu verwandt, um tarifliche Fernschaltungen vorzunehmen. Ein Nachtstromtarif, drei verschiedene Doppeltarife und ein Wohnungstarif mit Warmwasserspeicher sollen in Zukunft durch Telenergrelais gesteuert werden. Im Endausbau werden etwa 3000 Telenergrelais eingebaut sein.

Die Sendemaschine ist ein tonfrequenter Drehstrom-Synchron-Generator von 50 kW, der von einem Leonardsatz angetrieben wird. Es können 12 Kommandos ins Netz gegeben werden. Hierzu ist die selbsttätige Einschaltung von je 12 verschiedenen Drehzahlen notwendig. Ein fein regelnder Drehzahlregler sorgt für genaue Einhaltung der Drehzahl und schneller Wiederherstellung der Solldrehzahl bei Laststößen. Der Sendesatz ist für die Überlagerung einer zukünftigen Lastspitze von 35 000 kVA (Summe von Netzverbrauchern- und Kraftwerks-Generatorenleistung) ausgelegt. Zur Trennung zwischen Sendesatz und 50 Hz-System ist zwischen Sammelschiene und Sendegenerator ein Spannung-Resonanzschwingungskreis eingeschaltet. Er besteht aus einer Serienschaltung von Kondensatoren (von insgesamt 750 kVA, 50 Hz-Drehstromleistung) und regelbaren Drosseln. Diese sind stetig regelbar und werden für die jeweilige Kommandofrequenz auf Resonanz mit den Kondensatoren eingestellt. Die Anlage ist völlig selbsttätig; die Bedienung besteht aus der Einstellung des Kommandos und Drücken des Startknopfes.

Die Empfangsgeräte sind Frequenzrelais, die nach Art der Zungenfrequenzmesser arbeiten. Der frequenzempfindliche Bestandteil des Relais ist bei allen Relaistypen gleich, abgesehen davon, daß jedem Kommando ein bestimmter Frequenzwert und eine dementsprechend abgestimmte Feder zugeordnet ist. Für den jeweiligen Verwendungszweck ist eine Gesamtanordnung des Relais jedoch verschieden ausgebildet. Zum Umschalten von Doppeltarifzählern ist nur ein kleiner Kontakt für eine Schaltleistung von 20 VA erforderlich. Für die Straßenbeleuchtung sind Luftschütze oder Quecksilber-Schaltröhren an den frequenzempfindlichen Teil angebaut. Für das Wohnungstarifrelais werden die Schaltwellen zweier Frequenzrelais gekuppelt, so daß das Relais von drei Frequenzen in drei verschiedenen Schaltstellungen geschaltet werden kann. Außerdem befindet sich auch hier ein Luftschütz zum Schalten eines Warmwasserspeichers. Zur Überwachung der Anlage von der Schalttafel aus sind verschiedene Sondergeräte neu entwickelt worden. [W. zur Megede, Siemens-Z. 16 (1936) S. 101.] *eb.*

Elektrowärme.

621. 364. 6 : 666. 3 **Der heutige Stand der Elektrowärmeanwendung in der keramischen Industrie.** — Die Elektrowärme hat sich in den letzten Jahren in steigendem Maße in die keramische Industrie eingeführt. Auf den verschiedensten Anwendungsgebieten sind Elektroöfen in Betrieb genommen worden und Versuchsanlagen in Bau. Masukowitz berichtet — zum Teil auf Grund eigener Erfahrungen, zum Teil auf Grund von Mitteilungen aus dem Betrieb und aus der Fachpresse — über den heutigen Stand, insbesondere in Deutschland.

Für fast alle Waren und Wärmebehandlungsvorgänge spielen einige allgemeine Fragen eine Rolle, die maßgeblich für die Möglichkeiten der Einführung der Elektrowärme sind. Es sind dies u. a.: Behandlungstemperaturen, Atmosphäre, Brennweise, Aufbauweise, Brennzeit und Brennempfindlichkeit, Warenwert und Wirtschaftlichkeit.

Die Behandlungstemperaturen schwanken zwischen etwa 100 ° C für Trockenzwecke und etwa 1600 ° C zum Brennen höchstfeuerfester Waren. Da elektrische Widerstandsöfen fast nur mit höchstens 1350 ° C betrieben werden können und in diesem Temperaturgrenzgebiet sich eine Reihe keramischer Brände abspielt, ist die Heizleiterfrage von entscheidender Wichtigkeit für die Einführung der Elektroöfen in die keramische Industrie. Haltbarkeit, Betriebssicherheit, Atmosphärenempfindlichkeit und insbesondere Auswechselbarkeit sind zu berücksichtigen. Die eisenfreien Chromnickellegierungen können bis zu Temperaturen von 1250 ° C verwendet werden. Die Chromeisenaluminium-Legierungen sind sogar bis zu 1400 ° C oxydationsbeständig, haben aber wesentlich niedrigere Warmfestigkeit, Zähigkeit und Verschweißbarkeit als die Chromnickellegierungen, so daß sie für ihr eigentliches Anwendungsgebiet, Temperaturen von 1200 bis 1350 ° C, bisher noch nicht allzu sehr eingeführt sind. Die aus Siliziumkarbid bestehenden Globar- und Silitstäbe sind die Heizkörper der elektrischen Hochtemperatur-Widerstandsöfen. Sie sind bis zu Ofentemperaturen von 1400 ° C verwendbar. Die Kontaktfrage, die Alterung und Bruchempfindlichkeit sind zu beachten, um eine genügende Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu erzielen.

Bezüglich der Atmosphäre ist zu sagen, daß der saubere, abgasfreie Elektroofen beim oxydierenden Brennen große Vorteile bietet, während bei reduzierendem Brennen auch im Elektroofen Schutzgas zugeführt werden muß. Die Brennweise geht vom periodischen Brennen mit ständigem Aufheizen und Wiedererkalten von Charge, Brennhilfsmittel und Ofen mehr und mehr zum fortlaufenden Brennen in Tunnelöfen über. Vielfach ist der Weg

Kohlerundofen—Gastunnelofen—Elektroofen.

die Elektrowärme ist besonders geeignet für den neuzeitlichen Fließbetrieb.

Die Frage der Aufbauweise und der Brennhilfsmittel ist der wichtigste Punkt für die Betriebsverbesserung durch Elektroöfen. Da Verbrennungsrückstände fehlen, ist offenes Brennen möglich, während bei Brennstofföfen durchweg Chamottekapseln verwendet werden müssen. Geringeres Totgewicht, Raumersparnis und gleichmäßigere, schnellere Durchwärmung ergeben sich als Vorteile von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Brennzeitverkürzung durch gleichmäßigere Erwärmung und neuzeitliche Ofenbauweise ist eine weitere eindeutige Begleiterscheinung der Elektroöfen.

Da der Warenwert insbesondere unter Berücksichtigung der Ausschußersparnis ausschlaggebend ist, ist die Elektrowärme zunächst in die feinkeramische Industrie mit wertvolleren Enderzeugnissen eingeführt worden.

Porzellan.

Um das Hartbrennen von Porzellan bei Temperaturen von 1300 bis 1420 ° C sind bisher die meisten Bemühungen zur Anwendung der Elektrowärme gemacht worden, da ihre Einführung auf diesem Gebiet besonders lohnend erscheint. Die wichtigsten Anforderungen an die Öfen sind: Betriebssichere und wirtschaftliche Heizkörper für Ofentemperaturen bis 1420 ° C, Erzeugung und Regelung einer Schutzgasatmosphäre. Wirtschaftlich ist die Einführung der Elektrowärme besonders lohnend, da durch Fortfall der Kapseln, Verkürzung der Brennzeiten und Ausschußverringerung bei dem hohen Warenwert die reinen Energiekosten zurücktreten.

Die verschiedensten Versuchsöfen wurden gebaut, u. a. in Süddeutschland, der Schweiz, Holland, Frankreich, England und Schweden. Die ersten großen Tunnelöfen sind in Frankreich, Schweden und der Schweiz aufgestellt worden, ohne daß bisher endgültige Ergebnisse über die Bewährung dieser Hochtemperaturöfen vorliegen.

Für das bei 1050 bis 1200 ° C erfolgende Glasurbrennen von Knochenporzellan (Biskuitbrand bei 1280 ° C im Brennstoffofen) bestehen in den Porzellanwerken Gustafsburg in Schweden schon seit über 10 Jahren elektrische Tunnelöfen mit Morganiteplattenheizung, und zwar

1 Doppelbahnofen . .	14 000 × 300 × 130 mm,	76 kW
1 Einbahnofen . . .	16 000 × 400 × 120 mm,	40 kW
1 Doppelbahnofen . .	30 000 × 300 × 300 mm,	90 kW.

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 114.

Digitized by Google

Interessant ist das Brennen der Tassen in einer Lage und mit einer Brennzeit von 2 h mit einem Stromverbrauch von etwa 1 kWh/kg.

Einige Daten für das elektrische Hartbrennen von Porzellan sind:

Brennzeit mit Abkühlung	20 bis 30 h
Raumausnützung	100 bis 150 kg/m³
Stromverbrauch zum Brennen bei 1350 °C	1,5 bis 2 kWh/kg bei Doppelbahnöfen 2,5 bis 3 kWh/kg bei Einbahnöfen.

Vorbrennen.

Der Schrühbrand bietet mit seiner niedrigen Temperatur von etwa 800 ° C und seiner normalen Atmosphäre dem Elektroofen keinerlei technische Schwierigkeiten. Ein kürzlich in Betrieb genommener Gegenstrom-Durchzugofen von 16 m Länge mit einem Durchsatz von 4000 kg Porzellan wird beschrieben. Durch hitzebeständige Gleitkörbe kann auf Schamotte- und Aufbaumaterial verzichtet und ein Stromverbrauch von etwa 450 kWh/t erzielt werden. Bei den Vorbrennöfen rechnet man für

Brennzeit mit Abkühlung	6 bis 8 h
Raumausnutzung	100 bis 150 kg/m³
Stromverbrauch	0,4 bis 0,6 kWh/kg.

Farbeneinbrennen.

Das Farbeneinbrennen bei 700 bis 900 ° C wird bereits seit längerer Zeit in Elektroöfen durchgeführt. Einbahn- und Doppelbahn-Tunnelöfen in der Schweiz und in Schweden werden beschrieben und die nachstehenden wichtigen Daten genannt:

Brennzeit mit Abkühlung	4 bis 10 h (kürzere Zeiten möglich)
Raumausnutzung	100 bis 200 kg/m³
Stromverbrauch	0,5 bis 1,0 kWh/kg bei Einbahnöfen 0,25 bis 0,8 kWh/kg bei Doppelbahnöfen.

Die Farbeinbrennöfen liefern gute Erzeugnisse, sie werden sich deswegen in Zukunft auch in Deutschland mehr und mehr einführen, wobei auf Ausnutzung aller wärmetechnischen und betrieblichen Vorteile zu achten ist.

Sanitäres Porzellan und Steingutgeschirr.

Die dünnwandigen Feuertonwaren und das steingutähnliche Vitrous China werden im Gegensatz zu Porzellan in einem einzigen Brenngang, der natürlich viel längere Zeit in Anspruch nimmt, bei Temperaturen von 1280 bis 1300 ° C, jedoch in oxydierender Atmosphäre, gebrannt. Steingut wird bei 1280 bis 1300 ° vor- und bei 1120 bis 1200 ° glasurgebrannt. Auf diesem Gebiet, welches erst später in Angriff genommen wurde, sind in den letzten Jahren große Erfolge mit der Einführung der Elektrowärme erzielt worden, indem Tunnelöfen von 70 bis 100 m Länge mit Anschlußwerten von 300 bis 800 kW und Jahresstromverbrauchszahlen von je 3 bis 4 Mill kWh in der Schweiz, im Saargebiet und in Italien errichtet wurden. Es handelt sich um globarstabgeheizte Öfen mit Gegenstrombewegung. Die Wirtschaftlichkeit des Betriebes wird insbesondere durch Brennzeitverkürzung, durch Ausschußverminderung infolge der genauen, gleichmäßigen Temperaturregelkurve des Elektro-Tunnelofens und Fortfalls des Kapselmaterials erzielt. Für die Brennzeiten kann man etwa folgende Durchschnittszahlen angeben:

	bei Feuerton	bei Vitrous China
im Kohlerundöfen	160 h	110 h
im Gastunnelofen	56 „	45 „
im Elektrotunnelofen	44 „	35 „

Die Brennzeiten liegen etwa gemäß Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Brennzeiten für Steingut in verschiedenen Öfen.

Art des Ofens	bei Steingut-Rauhbrand		bei Steingut-Glattbrand	
	Spülwaren h	Geschirr h	Spülwaren h	Geschirr h
im Kohlerundofen	100	70	80	56
im Gastunnelofen	50	30	35	26
im Elektrotunnelofen	35	25	28	22

Genaue Messungen an einem im Saargebiet aufgestellten Kohlerundofen, einem Gastunnelofen und einem Elektrotunnelofen zeigten, daß der Gesamtausschuß beim Elektroofen bei etwa 6 % und den beiden anderen Ofenarten bei etwa 13 % liegt.

Wandplatten.

Wandplatten werden — ähnlich wie Steingut — bei 1270 bis 1300 ° C bei sehr langen Brennzeiten rauh- und bei 1050 bis 1150 ° glattgebrannt. Der Rauhbrand wird in der Schweiz bereits in einem Großtunnelofen von 500 kW Anschlußwert durchgeführt. Jeder Brennwagen (Abmessungen 1500 × 1500 × 700 mm) stapelt etwa 1500 Platten von 0,3 kg Stückgewicht. Der Stromverbrauch dieser Öfen ist bei einer Leistung von 20 000 Platten je Kanal 0,6 bis 0,8 kWh/kg.

Der Glasurbrand bietet dem Elektroofen wegen der wesentlich niedrigeren Brenntemperatur und der besseren Erzeugnisse bei der schmutzempfindlichen Glasur besonders gute Anwendungsmöglichkeiten, so daß auf diesem Gebiet zahlreiche Versuche durchgeführt wurden.

Der langfristige Tunnelofenbrand wird im zweiten Kanal des erwähnten Doppeltunnelofens durchgeführt bei Brennzeiten von etwa 22 h, einer Erzeugung von 20 000 Platten in 24 h und einem Stromverbrauch von etwa 0,6 bis 0,8 kWh/kg. Auch in den V. S. Amerika und Italien wurden derartige Glasurbrand-Tunnelöfen, meist mit Globarstabheizung, errichtet.

Durch die gleichmäßige, flächenweise beliebig unterteil- und regelbare Heizleistung ohne jede Kapselung können im Elektrokleinofen Brennzeiten erreicht werden, die man früher für ganz unmöglich gehalten hätte. Zahlentafel 2 zeigt, wie verschieden diese bei den einzelnen Brennverfahren sind.

Zahlentafel 2. Brennzeiten in verschiedenen Öfen zum Glasieren von Wandplatten (einschließlich Aufheizung und Abkühlung).

Art des Ofens	h
Kohlerundöfen	120
Gastunnelöfen	40 ··· 50
große Elektrotunnelöfen	22 ··· 50
gasgeheizte Röhrenöfen	8 ··· 12
elektrisch geheizte Röhrenöfen	6 ··· 7
Kleinöfen zum Brennen in einer Lage	1 ··· 2

Derartige Kleinöfen verschiedenster Bauart, zum Teil mit metallischen Heizelementen, wurden daher vielfach aufgestellt. Im Saargebiet arbeitet eine ganze Anzahl dieser Einkanal-Öfen im Fließbetrieb. Der Anschlußwert je Kanal beträgt 5 kW, der Stromverbrauch 0,8 kWh/kg. Auch Mehretagenöfen sind in Holland aufgestellt worden. In Spanien und Schweden arbeiten Röhrenöfen mit Einzeldurchschub der Platten mit dem außerordentlich niedrigen Stromverbrauch von 0,4 kWh/kg bei 950 ° C Glattbrandtemperatur. Der Glasurbrand von Wandplatten muß als besonders aussichtsreiches Gebiet der Elektrowärmeanwendung bezeichnet werden.

Fußboden- und Mosaikplatten.

Fußboden- und Mosaikplatten werden bei 1150 bis 1300 ° C einmal gebrannt, und zwar meist oxydierend. Bei Abmessungen bis zu 300 × 300 × 20 mm kommen bisher z. T. Brennzeiten bis zu zwei Wochen in Frage. Großtunnelöfen sind für diesen Zweck noch nicht in Betrieb, doch wurde im Rheinland vom RWE ein interessanter Röhrenofen aufgestellt mit sechs bis acht übereinanderliegenden Kanälen von je 7 m Länge. Durch besonders günstigen Wärmeaustausch konnte in diesen Öfen ein Stromverbrauch von nur 0,3 kWh/kg bei Brennzeiten von etwa 10 h erzielt werden. Trotz der hohen Temperatur von 1280 ° C haben sich bisher Kanthal-Heizelemente gut bewährt.

Ziegelsteine.

Für den Glasurbrand von Ziegelsteinen bei 900 bis 1000 ° C sind vielfach Muffelöfen aufgestellt worden. Als besonders zweckmäßig haben sich neuzeitliche Haubenglühöfen mit zwei Glühplätzen erwiesen, welche es gestatten, mit dem gleichen Ofen die doppelte Erzeugung gegenüber einem Kammerofen zu erzielen. Durch Vorbereitung einer neuen Beschickung auf dem zweiten Glühplatz und langsames Anheben der Heizhaube zur Beschleunigung der Abkühlung kann eine vollständige Ofenreise, die zudem zweckmäßig mit Programmregler durchgeführt wird, in 24 h abgewickelt werden. Da in diesen Öfen, deren Brennraum gewöhnlich 1 m³ groß ist, meist Einsatzgewichte bis zu 1500 kg gestapelt werden, ist auf gleichmäßige und

Digitized by Google

schnelle Wärmeübertragung besonders zu achten. Der Vorteil in der Güte der Erzeugnisse, der sauber und gleichmäßig gebrannten Glasur, die Brennzeitverkürzung und Ausschußersparnis sind die wesentlichsten Merkmale dieser in Holland, Belgien und Deutschland erfolgreich aufgestellten Öfen. Der Stromverbrauch liegt bei 0,4 bis 1 kWh/kg.

Dachziegeln und Kacheln.

Dachziegel und Kacheln werden in gleichen Öfen gebrannt.

Schleifscheiben.

Schleifscheiben werden entweder mit organischen oder keramischen Bindemitteln in die geeignete Form gebracht. Bakelitegebundene Scheiben werden bei Temperaturen von 100 bis 200 ° in elektrischen Trockenschränken mit künstlicher Luftumwälzung gebrannt, während keramisch gebundene Scheiben zwischen Temperaturen von 1000 und 1350 ° C in silitstabgeheizte Öfen eingebracht werden.

Die Vorteile des Elektroofens in bezug auf höhere Güte der Erzeugnisse haben sich auch bei diesen Brennprozessen eindeutig gezeigt und seine Wirtschaftlichkeit ermöglicht. [Masukowitz, Elektrowärme 6 (1936) S. 30 u. 123.] *Eb.*

Bergbau und Hütte.

621. 327. 3 : 622. 72 **Lesebandbeleuchtung im Bergbau mit Quecksilberdampflampen.** — Die Beleuchtung der Lesebänder über Tage war seit langem eine der lichttechnischen Fragen im Bergbau, deren Lösung noch offen stand. Die Unterscheidbarkeit des Nebengesteins von dem eigentlichen Fördergut, Kohle oder Erz, hängt in

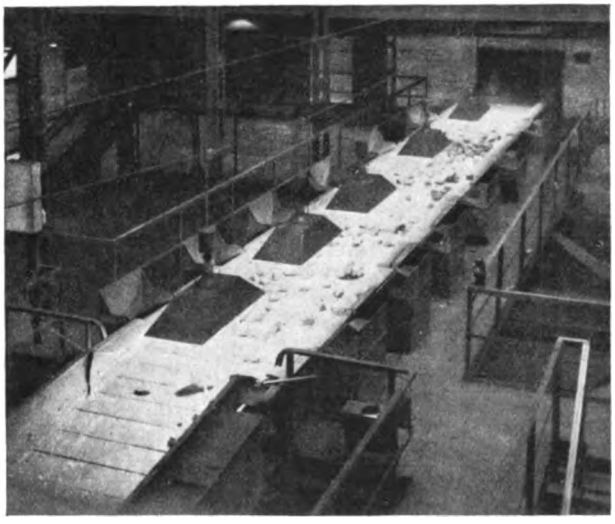


Abb. 3. Von Quecksilberdampflampen beleuchtetes Leseband.

gewissem Grad von der Beleuchtungsstärke ab, die verhältnismäßig hoch sein muß, wenn man bedenkt, daß das Reflexionsvermögen von Kohle nur etwa 1 bis 2 %, das der Berge etwa 3 bis 5 % beträgt. Es sind also sehr kleine Leuchtdichteunterschiede, die an dem Auge des Prüfenden bei einer Bandgeschwindigkeit von ungefähr 0,1 bis 0,5 m/s vorbeibewegt werden. Es lag nahe, die von Natur aus geringen Kontraste durch Anwendung von farbigem Licht künstlich zu steigern, wie es zunächst durch Verwendung von Tageslichtlampen, also Lampen mit blauem Kolbenglas, versucht wurde. Eine wirklich entscheidende Verbesserung in dieser Richtung ist jedoch erst in neuerer Zeit durch Quecksilber-Hochdrucklampen erzielt worden, die sich bereits in großem Umfang zur Beleuchtung von Siebereien im Steinkohlenbergbau eingeführt und neuerdings auch für Lesebänder im Erzbergbau als sehr vorteilhaft erwiesen haben. Der Vorteil dieser Lampen liegt neben ihrer hohen Lichtausbeute, die rund das 2,5fache der von Glühlampen beträgt, in ihrer besonderen Farbigkeit. Die Kohle erhält unter dem stark grünlichen Quecksilberlicht einen blau-grünlichen Farbstich, während die Berge blaugrau aussehen, so daß gegenüber Glühlampenlicht eine auffallend bessere Unterscheidbarkeit entsteht. Erze, wie z. B. Spateisenstein, erhalten ein mehr gelbliches Aussehen, so daß sich das andersfarbige Nebengestein, wie Schiefer, Quarz usw., deutlich abhebt. Die in beiden Fällen erzielte Steigerung der Unterschiede im Material wird als so wesentlich bezeichnet, daß die Beleuchtung auch bei Tage benutzt wird.

Vom allgemeinen beleuchtungstechnischen Standpunkt aus ist bei der Einrichtung solcher Anlagen zu beachten, daß durch Anordnung von tiefstrahlenden Leuchten über Augenhöhe im Hinblick auf die in der Regel dunkle Umgebung eine starke Direktblendung mit all ihren oft nicht erkannten Folgeerscheinungen, wie Kopfschmerz, Unlust usw., auftreten kann. Die Ursache hierfür liegt aber nicht etwa in besonderen Eigentümlichkeiten des Quecksilberdampflichtes, sondern ist einfach auf die beträchtliche Leuchtdichte der Lampe zurückzuführen. Eine 500 W-Glühlampe, die in ihrem Lichtstrom der für Lesebandzwecke gebräuchlichen 270 W - Quecksilber - Hochdrucklampe entspricht, würde unter den gleichen Bedingungen praktisch dieselbe Blendungswirkung zur Folge haben. Zwecks Ausschaltung dieses Beleuchtungsfehlers müssen die Tiefstrahler entweder sehr hoch oder unter Augenhöhe angebracht werden. Um bei einer niedrigen Aufhängung, die bei der bandförmigen Fläche zweckmäßiger ist, eine genügend gleichmäßige Ausleuchtung des Lesebandes ohne zu große Lampenzahl zu ermöglichen, sind großflächige Tiefstrahler gebaut worden, in denen die HgH-Lampen in hängender Brennlage untergebracht sind (Abb. 3). Die senkrechte Brennlage ist in diesem Falle besonders günstig, da die Hauptlichtausstrahlung bei diesen Lampen senkrecht zur Lampenachse erfolgt. W. Kircher VDE, Berlin.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

537. 312. 8 : 669. 24 **Der Wechselstromwiderstand von Nickel im longitudinalen Magnetfelde.** — Die mit Wechselstrom aufgenommene Widerstandskurve in Abhängigkeit vom Magnetfeld ist von vielen Unregelmäßigkeiten frei, die bei Verwendung von Gleichstrom oft gefunden werden. Die Widerstandskurve ähnelt der Magnetisierungskurve in einem viel breiteren Bereich als bei den Gleichstromversuchen. Der Widerstand steigt mit wachsendem Magnetfeld; bei Abnahme des Feldes kehrt die Kurve bis etwa 400 Gauß in sich selbst zurück, trennt sich dann von der ansteigenden Kurve und beschreibt eine kleine, aber deutliche Hysteresisschleife. Bemerkenswert und bisher einzigartig ist, daß der Widerstand für das Feld Null auf seinen alten Wert zurückkehrt, daß also trotz der Hysteresis keine Remanenz vorhanden ist. [M. M. Sen Gupta, H. B. Mohanti u. S. Sharan, Z. Physik 98 (1935) S. 262.] *Br.*

621. 315. 833 : 537. 533. 72 **Das Elektronenfernrohr.** — Von Zworykin und Morton wird über das neueste Anwendungsgebiet der Elektronenoptik berichtet. Ein Gerät wird beschrieben, das ohne photographische Zwischengeräte unsichtbares (infrarotes und ultraviolettes) Licht in sichtbares umwandelt. Die Bilder, die mit diesem Gerät erzeugt werden, sind weitgehend aberrationsfrei, was durch geeignet geformte Kathoden möglich wird, auf die das Lichtbild geworfen wird und die mittels Elektronenlinsen abgebildet werden. Ähnliche Versuche haben bekanntlich auch bereits in Deutschland zum praktischen Erfolg geführt.

Das größte Anwendungsgebiet der Elektronenoptik findet sich bei der Braunschen Röhre, bei der die Elektronen, die von einer Glühkathode ausgehen, zu einem kleinen Leuchtfleck auf einem Fluoreszenzschirm vereinigt werden. Während es in diesem Falle auf die Kleinheit des Punktes, d. h. auf möglichst geringe Vergrößerung des leuchtenden Gegenstandes (Glühkathode) ankommt, will man bei einer weiteren und sehr aussichtsreichen Anwendung, beim Elektronenmikroskop, kleine Gegenstände sehr stark vergrößert wiedergeben. Theoretisch ist bei diesem das Auflösungsvermögen sogar um ein Mehrfaches dem des Lichtmikroskops überlegen. Bei der Braunschen Röhre und bei dem Elektronenmikroskop können lediglich Gegenstände von kleinerem Durchmesser abgebildet werden, dagegen gestattet es die jüngste Anwendung der Elektronenoptik, das Elektronenfernrohr (Bildwandler), Gegenstände von wesentlich größerem Ausmaße abzubilden. Das Gerät hat neben dieser noch weitere bemerkenswerte Eigenschaften: Verzerrungsfreiheit der Bilder, kleiner Zerstreu-

Digitized by Google

ungskreis, große Linsenapertur und geringe (½- bis 3fache) Vergrößerung.

Das Gerät besteht aus einer entlüfteten Glasröhre, die in ihrem Inneren eine halbdurchsichtige Photokathode und eine Anzahl von sammelnden Elektroden (Linse) enthält, die die Elektronen auf einem Fluoreszenzschirm vereinigen. Für besondere Zwecke ist eine weitere Blende vorhanden, die die Vergrößerung zu verändern gestattet. Die Photokathode ist empfindlich für infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht. In den Abb. 4 a

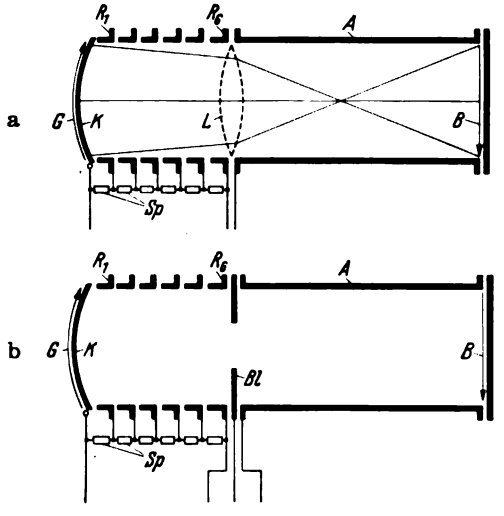


Abb. 4. Elektronenfernrohr, a ohne und b mit Blende.

und b ist der Aufbau eines solchen Gerätes wiedergegeben. K ist die halbdurchsichtige Photokathode, die nach außen gewölbt ist und auf die das Lichtbild geworfen wird. R_1 bis R_6 sind zylindrische Elektroden, die von der Kathode aus steigende Potentiale durch den Spannungsteiler Sp erhalten. An der Anode A liegt das höchste Potential gegenüber der Kathode. L soll die Ersatzlinse darstellen, die durch das Zusammenwirken der zylindrischen Elektroden R und der Anode A ein Bild B auf dem Fluoreszenzschirm erzeugt. Während im Falle a durch die geometrischen Abmessungen eine einmalige Vergrößerung gegeben ist, gestattet in der Anordnung nach b eine zusätzliche Blende Bl eine Veränderung der Brennweite. Durch Wahl verschiedener Spannungen zwischen Bl und den übrigen Elektroden ist infolge Verformung der Potentiallinien eine elektrische Änderung der Brennweite möglich. Dies ist gegenüber einer Glasoptik, bei der stets die geometrischen Verhältnisse der Einzellinsen geändert werden müssen, ein großer Vorteil.

Die Kathode stellt eine halbdurchsichtige Cäsiumoxyd-Silber-Schicht dar, die, um eine genügende Leitfähigkeit zu gewährleisten, auf einer sehr dünnen Platinunterlage aufgebracht ist. Die Herstellung ist ähnlich wie die der bekannten Cäsiumphotozellen.

Das Elektronenfernrohr wird benutzt bei der Wiedergabe von ruhenden oder bewegten Bildern, die mit infrarotem, sichtbarem oder ultraviolettem Licht beleuchtet sind. Als besonders wertvoll erscheint es, Gegenstände, die mit infrarotem Licht durchstrahlt werden (z. B. Pflanzenfaserstoffe), in ihren Einzelheiten so wiederzugeben, wie es bisher nur durch die Infrarotphotographie möglich war. Weiterhin soll das Gerät in gewissem Grade die Durchsicht durch Dunst und Rauch ermöglichen und besondere Vorteile bei der Telephotographie aufweisen. Bei dem geringen Energieverbrauch kann das Elektronenfernrohr mit seinen Hochspannungsquellen auf einem sehr geringen Raum untergebracht werden. [Zworykin und Morton, Elektronics 9 (1936) S. 16.] *Hma.*

Hochspannungstechnik.

621. 317. 333. 6 : 621. 315. 615. 2 **Leicht beförderbare Öl- und Isolationsprüfeinrichtung für 60 kV Betriebsspannung.** — Eine neue Ölprüfeinrichtung dient zur Prüfung der elektrischen Festigkeit von Öl bei festem Elektrodenabstand und veränderlicher Spannung gemäß den VDE-Vorschriften[1]). Sie ist besonders auch für Ölprüfungen außerhalb des Betriebes geeignet, da sie infolge ihrer kleinen Abmessungen (530 × 540 × 660 mm) und ihres geringen Gewichtes (etwa 85 kg) leicht mit einem Personenwagen an einen beliebigen Meßort gebracht werden kann (Abb. 5). Für Prüfungen innerhalb des Betriebes wird auch ein anschraubbares Fahrgestell mitgeliefert. Die Einrichtung ist gemäß den VDE-Vorschriften gebaut und einfach sowie gefahrlos zu bedienen. In einem mit Traggriffen versehenen Metallgehäuse sind sowohl das Prüfgefäß zur Aufnahme der Ölprobe als auch der Erzeugertransformator sowie alle erforderlichen Schalt-, Regel- und Meßteile untergebracht. Die Betriebsspannung beträgt 60 kV. Das Öl wird gemäß den VDE-Vorschriften in der Weise geprüft, daß bei festem Elektrodenabstand durch langsame stetige Spannungserhöhung in etwa 20 s der Öldurchschlag veranlaßt wird und sechs Durchschlagversuche anzustellen sind. Die als Mittelwert der letzten fünf Durchschläge sich ergebende Spannung ist das Maß für die elektrische Feldstärke (dielektrische Festigkeit) der Ölprobe.

Das aus Porzellan bestehende Prüfgefäß kann eine Ölmenge von 1 l aufnehmen[2]). Es steht auf einem herausziehbaren Schieber hinter der Vordertür, bei deren Öffnen durch zwei Türkontakte der Stromkreis doppelpolig unterbrochen wird. Zudem ist die waagerecht ausklappbare Tür mit Führungsschienen für das Herausschieben des Prüfgefäßes versehen und dient damit als Tisch für ein bequemes Einfüllen der Ölprobe. Für die nach VDE-Vorschrift gebauten Elektroden sind Elektrodenhalter aus einem Sonderwerkstoff mit niedrigem Ausdehnungskoeffizienten verwendet worden, so daß Meßfehler infolge Wärmeausdehnung und dadurch erforderliche Umrechnungen ausgeschaltet sind. Die aus dem Prüfgefäß herausgeführten Kontaktstutzen greifen in Anschlußfedern der Transformatorkontakte, so daß bei bequemer Herausnahme des Prüfgefäßes doch eine sichere Kontaktgabe gewährleistet ist. Ein mit einem Handrad zu bedienender induk-

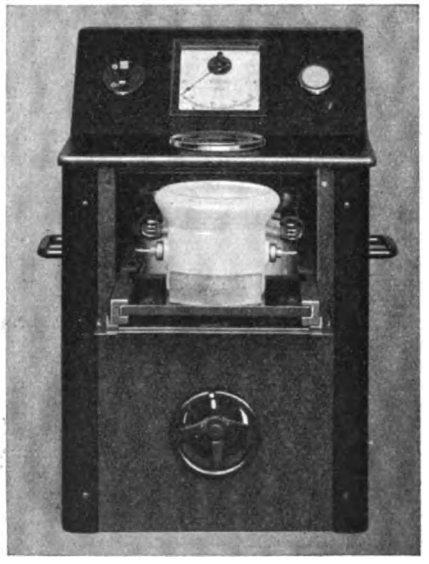


Abb. 5. Einrichtung für Ölprüfungen; Vorderansicht, Prüfgefäß herausgezogen.

tiver Regler ermöglicht am Hochspannungstransformator eine feinstufige, unterbrechungsfreie Spannungsreglung von 0 bis 60 kV, bei Anschlußspannungen von 110 bzw. 220 V (Parallel- bzw. Reihenschaltung zweier Primärwicklungen). Die Dauerleistung des Reglers beträgt 500 VA. Zur Anzeige dient ein niederspannungsseitig angeschlossenes Dreheiseninstrument, das unter Berücksichtigung des Transformator-Übersetzungsverhältnisses die Skalenbezifferungen 0 bis 60 kV und 0 bis 210 kV/cm trägt. Die Skala der Durchschlagfestigkeit in kV/cm enthält den in den VDE-Vorschriften geforderten Faktor 3,5. Die Ablesungen erfordern somit keinerlei Umrechnung mehr. Ein Verkohlen der Ölprobe wird dadurch bestmög-

[1]) VDE 0370.
[2]) Mindestmenge lt. VDE-Vorschrift 0,25 l.

Digitized by Google

lich verhindert, daß als Hauptschalter ein Überstromschalter dient, der sofort nach dem Durchschlag selbsttätig ausschaltet. Die Ölprobe ist durch ein Schauloch zu beobachten, zudem ist der Durchschlag am plötzlichen Rückgang der Anzeige des Spannungsmessers zu erkennen.

Eine erweiterte Form dieser Einrichtung ermöglicht Ölprüfungen und Isolationsprüfungen. Sie hat auf der Rückseite noch eine zweite Klappe, gleichfalls mit Türkontakten; die Kontaktarme des Hochspannungstransformators sind hier so ausgebildet, daß sie zur Spannungsentnahme für Isolationsprüfungen mühelos nach außen geschwenkt und verlängert werden können. Während der Isolationsprüfung muß ein besonderer Druckschalter betätigt werden, der die Türkontakte überbrückt. Für Isolationsprüfungen an plattenförmigen Isolierstoffen werden besondere Zusatzelektroden verwendet. [H. I. Zimmermann, Siemens-Z. 16 (1936) S. 143.] *Kdn.*

Verschiedenes.

621. 3 : 624. 19 **25 Jahre Elbtunnel.** — Am 7. d. M. jährt sich zum 25. Male der Tag, an dem der Elbtunnel in Hamburg dem Verkehr übergeben wurde. Fast 300 Mill Personen und 2 Mill Fahrzeuge wurden seit der Eröffnung befördert. Vor allem kommt der Elbtunnel den Gefolgschaften der am südlichen Elbufer befindlichen großen Werft-, Hafen- und Industriebetriebe zugute, denen er einen kurzen Verkehrsweg geschaffen hat (Abb. 6).

Für den Elektrotechniker sind die maschinellen und elektrischen Einrichtungen dieser damals größten Aufzugsanlage des Festlandes von Interesse. Bei einer Hubhöhe von 23,5 m vermitteln auf jeder Seite sechs Aufzüge den Verkehr: je zwei für 10 t und zwei für 6 t Lasten, sowie zwei für Personenbeförderung mit einer Hubgeschwindigkeit von 0,7 bis 1 m/s (Abb. 7). Für den Antrieb steht Gleichstrom 440 V zur Verfügung. Die Antriebsmotoren besitzen drei Feldwicklungen: ein Hauptschlußfeld, das dem Motor die Anfangsbeschleunigung erteilt und das während der Fahrt durch das Arbeiten eines Beschleunigungsmagneten allmählich ausgeschaltet wird, ein Nebenschlußfeld für die gleichmäßige Fahrt auf der Strecke, und endlich eine dritte Sonderfeldwicklung, die auf dem letzten Teil der Fahrstrecke dem Nebenschlußfeld entgegenwirkt und mit Hilfe von Streckenkontakten und Schützen selbsttätig eine Verminderung der Geschwindigkeit hervorruft, wobei die Stärke der Verzögerung in Abhängigkeit von der Belastung durch einen Belastungs-

Abb. 6. Um 6 Uhr morgens vor dem Elbtunneleingang, St.-Pauli-Seite.

magneten gesteuert wird. In 25 Jahren ununterbrochenen Tag- und Nachtbetriebes haben sich die Erwartungen, die an die Aufzugsanlagen gestellt wurden, glänzend erfüllt. Bisher brauchten noch keine lebenswichtigen Anlagenteile ausgewechselt werden, noch war es erforderlich, an der Schaltanlage grundlegende Veränderungen vorzunehmen. Das ist bemerkenswert, wenn man bedenkt, daß in den 25 Betriebsjahren von den Aufzügen insgesamt etwa 15 Millionen Doppelhübe gefahren sind, d. i. die Zahl der Aufwärts- und Abwärtsfahrten bis zur Rückkehr des Fahrkorbes in die ursprüngliche Lage. Damit mußten die Schützen je etwa 30 Mill Schaltungen ausführen, wobei Versager nicht auftraten.

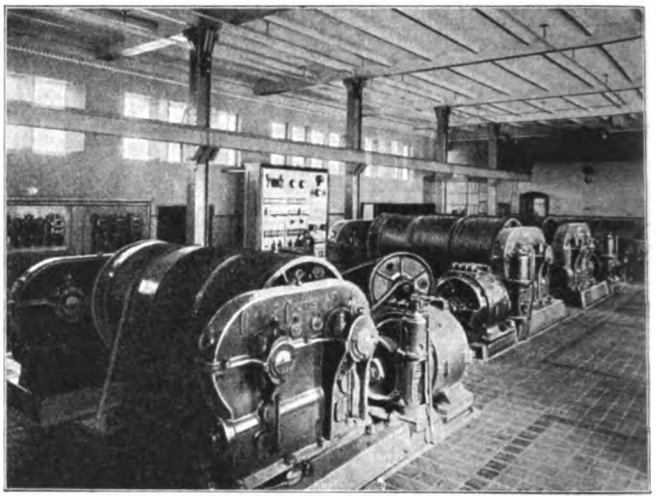


Abb. 7. Aufzugwinden im Maschinenraum.

Auch die Sicherheitseinrichtungen der Anlage haben ihr einwandfreies Arbeiten beweisen können. So wird der Steuerstrom unterbrochen, solange die beiden hydraulisch bewegten Hubtüren zum Abschluß des Fahrschachtes und des Fahrkorbs noch nicht geschlossen sind, oder wenn die Dehnung der an Wippen aufgehängten Seile einen Gefahrenzustand anzeigt. Dann spricht die Fangvorrichtung an, desgleichen bei unzulässig großer Beschleunigung des Fahrkorbs. Ihr Arbeiten war jederzeit unbedingt zuverlässig.

Besondere Aufmerksamkeit ist den Aufzugsseilen gewidmet worden. Es wurden etwa 5000 m Seil von 24 mm Durchmesser eingebaut. In jahrzehntelangen Versuchen haben sich Dreikantlitzenseile am besten bewährt. Sie erreichten bei der am meisten beanspruchten Seilführung eine Lebensdauer von durchschnittlich 200 000 Doppelhüben und konnten im Mittel vier bis fünf Jahre in Betrieb bleiben. Im ganzen genommen wird jährlich etwa ein Fünftel der Seile ausgewechselt. An wenig beanspruchten Stellen erreichten Seile eine Lebensdauer von 15 Jahren.

Die Forderung nach einer unbedingt sicheren Stromversorgung des Elbtunnels sowohl für den Kraft- wie für den Lichtbedarf hatte seinerzeit den Bau eines besonderen Elbtunnelkraftwerks erforderlich gemacht. Die Anlage besteht aus drei Dieselstromerzeugern von je 135 kW, die in 3 min von Stillstand auf Vollast gefahren werden können. Sie haben in den ersten Jahren die alleinige Stromversorgung übernommen. Heute wird die Grundlast durch fremdbezogenen Hochspannungsstrom, der durch zwei Motorgeneratoren in die Gebrauchsspannung von 440 V Gleichstrom umgeformt wird, gedeckt, während die Dieselstromerzeuger die zur Zeit des stärksten Verkehrs auftretende Spitze übernehmen und als ständige Notreserve bei Ausbleiben der Hochspannung zur Verfügung stehen. Zur Pufferung der Belastungsstöße, bei denen Stromspitzen bis zu 900 A auftreten, ist eine Akkumulatorenbatterie von 518 Ah Kapazität bei einstündiger Entladung mit einem kleinen Ausgleichmaschinensatz parallel geschaltet, die während der geringen Nachtbelastung die Stromlieferung übernimmt und ebenfalls eine gewisse Notreserve darstellt. Sorgfältige Wartung der Batterie haben einen einwandfreien Betrieb ermöglicht, trotz der starken Inanspruchnahme infolge der eigenartigen Belastungsverhältnisse. Eine besondere Lichtbatterie stellt die Versorgung der Beleuchtungsanlage des Elbtunnels sicher.

H. Neumann, Hamburg.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Die Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen.

Von Erich Schulze VDE, Berlin.

621. 314. 6. 018. 14

Übersicht. Die Begriffe und das Messen der Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen bei rein sinusförmiger und bei einer durch Gleichrichterlast verzerrten Spannung des speisenden Drehstromnetzes werden behandelt.

Gleichrichteranlagen entnehmen dem speisenden Drehstromnetz Ströme, die erhebliche Beträge an Oberwellen enthalten. Die hierdurch verzerrten Primärströme der Gleichrichter können eine Rückwirkung auf das Drehstromnetz ausüben, d. h. auch seine Spannung verzerren, wenn die Gleichrichterlast einen erheblichen Teil der Netznennleistung ausmacht. An der Gleichrichteranlage selbst kann die Spannung bereits bei kleiner spezifischer Gleichrichter-Netzlast verzerrt sein, wenn der Gleichrichter aus einem leistungsfähigen Netz mit gut sinusförmiger Spannung über eine Leitung mit erheblichem Widerstand, insbesondere Blindwiderstand gespeist wird.

Die Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen sind infolge Verzerrung der Primärströme und besonders der Primärspannungen nicht mehr eindeutige Begriffe. Beispielsweise erhält man für die Leistungsfaktoren verschiedene Werte, wenn man für ihre Ermittlung von der Wirk- und Blindleistung, von der Wirk- und Scheinleistung oder von der Blind- und Scheinleistung ausgeht.

Im folgenden wird untersucht, ob man die Leistungsfaktoren mittels gewöhnlicher Wirk- und Blindleistungsmesser sowohl bei rein sinusförmiger als auch bei einer durch Gleichrichterlast verzerrten Spannung des speisenden Drehstromnetzes eindeutig messen kann. Bei den Untersuchungen wird vorausgesetzt, daß der Gleichstrom durch eine genügend große Kathodendrosselspule vollkommen geglättet ist. Die primären Oberwellenströme sind dann reine Blindströme, da sie auf der Gleichstromseite nicht vorhanden sind.

Sinusförmige Primärspannung an der Gleichrichteranlage.

Die primären Oberwellenströme können mit der sinusförmigen Spannung der Grundfrequenz kein Leistungsprodukt eingehen. Die von den Stromoberwellen verursachten Verluste und die induktiven Spannungsabfälle innerhalb der Gleichrichteranlage werden allein von der Grundwelle gedeckt.

Die Wirkleistung (N_W) und die Blindleistung (N_B) werden somit eindeutig gemessen; sie entsprechen den Wirk- und Blindkomponenten des Grundwellenstromes und stimmen mit den Wirk- und Blindleistungen überein, welche die Gleichrichteranlage tatsächlich aus dem Drehstromnetz bezieht.

Die Phasenverschiebung zwischen der Spannung und dem Grundwellenstrom ist

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{N_B}{N_W} \qquad \cos\varphi = \frac{N_W}{\sqrt{N_W^2 + N_B^2}}$$

Der Wert $\cos\varphi$ wird als Verschiebungsfaktor bezeichnet.

Der Leistungsfaktor (λ) der Gleichrichteranlage ist das Verhältnis der Wirkleistung zur gesamten Scheinleistung:

$$\lambda = \frac{N_W}{\sqrt{3}\,U\,I} = \frac{I_1}{I}\cos\varphi$$

wobei

U verkettete Drehstrom-Netzspannung
I Primärstrom
I_1 Grundwellenstrom

} Effektivwerte.

Das Verhältnis der Effektivwerte vom Grundwellenstrom (I_1) und vom geamten Primärstrom (I) ist der Verzerrungsfaktor (v) des Stromes. Infolge der Oberwellenströme ist der Verzerrungsfaktor kleiner als 1 und der Leistungsfaktor (λ) stets kleiner als der Verschiebungsfaktor ($\cos\varphi$)

$$\lambda = v\cos\varphi$$

Der Unterschied zwischen beiden Werten ist um so größer, je niedriger die Phasenzahl des Gleichrichters ist, da die Primärströme hierbei stärker verzerrt und somit ihre Effektivwerte, bezogen auf die Grundwelle (d. h. gleiche Leistung), größer sind als bei Gleichrichtern mit höherer Phasenzahl.

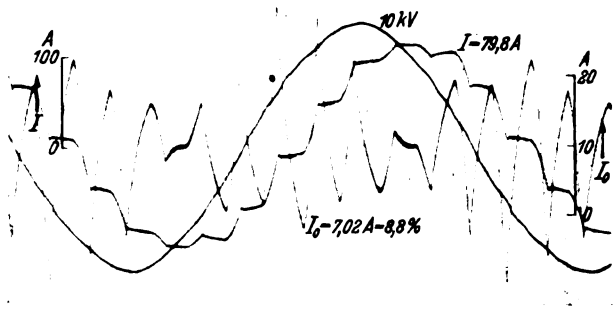


Abb. 1. Oszillogramm der Primärspannung, des Primärstromes und des primären Oberwellenstromes von einem Zwölfphasengleichrichter.

Das Oszillogramm in Abb. 1 gibt von einem Zwölfphasengleichrichter den verzerrten Primärstrom (I) und seinen Oberwellenstrom (I_0) wieder; die Primärspannung (10 kV) ist gut sinusförmig, der Oberwellengehalt des Primärstromes beträgt $I_0 = 8{,}8$ %. Die gemessenen Verschiebungs- und Leistungsfaktoren des Zwölfphasengleichrichters sind, verglichen mit den entsprechenden Werten eines Sechsphasengleichrichters derselben Nennstromstärke, in Abb. 2 dargestellt. Der Unterschied zwischen

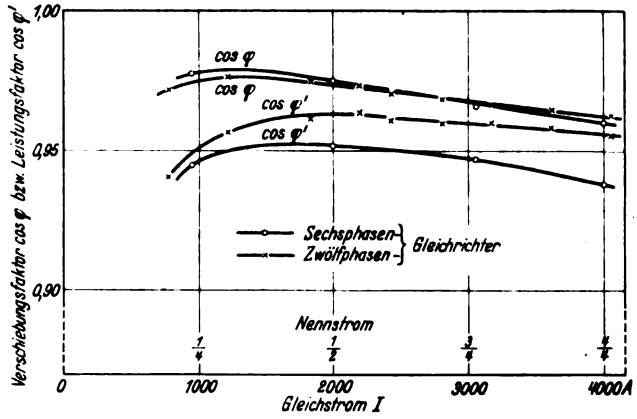


Abb. 2. Verschiebungs- und Leistungsfaktoren von einem Zwölfphasen- und einem Sechsphasengleichrichter.

den beiden Leistungsfaktoren ist beim Zwölfphasengleichrichter naturgemäß kleiner als beim Sechsphasengleichrichter.

Verzerrte Primärspannung an der Gleichrichteranlage.

Eine Gleichrichteranlage, die aus einem Drehstromnetz mit gut sinusförmiger Spannung über eine Leitung mit erheblichem Widerstand gespeist wird, erhält am Transformator eine verzerrte Spannung infolge der Span-

Digitized by Google

nungsabfälle der primären Oberwellenströme im Leitungswiderstand.

Es wird angenommen, daß die Leitung einen rein induktiven Blindwiderstand darstellt. Dann ist die Verzerrung der Primärspannung am Gleichrichtertransformator dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsoberwellen und die zugehörigen Stromoberwellen gegeneinander um 90 ° ihrer eigenen Periode phasenverschoben sind.

Der Wirkleistungsmesser mißt unter diesen Verhältnissen ausschließlich die Wirkleistung der Grundwellen von Spannung und Strom; die Oberwellen liefern bei der Messung überhaupt keinen Beitrag zur Wirkleistung. Bei der Blindleistungsmessung wird gleichfalls in erster Linie nur die Blindleistung der Grundwellen gemessen; ein Blindleistungsbeitrag der Oberwellen ist zwar vorhanden, aber vernachlässigbar klein.

Die bei der Blindleistungsmessung im Meßgerät vorgenommene Phasendrehung der Spannung um 90 °, bezogen auf ihre Grundwelle, verdreht nämlich die vorhandenen Spannungsoberwellen abwechselnd um — 90 ° und um + 90 ° ihrer eigenen Periode; beispielsweise werden die 5. und 11. Spannungsoberwelle um — 90 °, die 7. und 13. Spannungsoberwelle um + 90 ° gedreht. Die einzelnen Oberwellen liefern daher teils negative, teils positive Beiträge zur Blindleistung. Die im Vorzeichen verschiedenen Beiträge der zusammengehörigen Oberwellenpaare (z. B. der 5. und 7. bzw. der 11. und 13) sind zwar nicht völlig gleich, heben sich aber angenähert auf. Der gesamte Blindleistungsbeitrag aller Oberwellen darf daher im Vergleich zur Blindleistung der Grundwellen vernachlässigt werden.

Die primären Oberwellenströme liefern infolge des völlig geglätteten Gleichstroms keine Wirkleistung in das Gleichstromnetz. Infolgedessen stimmt die Wirkleistung, welche die Gleichrichteranlage aus dem Drehstromnetz bezieht und abzüglich ihrer Verluste an das Gleichstromnetz abgibt, mit der gemessenen Wirkleistung der Grundwellen völlig überein.

In bezug auf die Blindleistung liegen die Verhältnisse etwas anders. Die Leitungsblindwiderstände verzögern (ebenso wie der Blindwiderstand des Transformators) den Anstieg und Abfall des Anodenstromes, d. h. die Brenndauer der Anoden wird verlängert, es tritt eine Überlappung der Anodenströme ein. Der Primärstrom erhält hierdurch eine zusätzliche Phasennacheilung. Auch wenn der Gleichrichtertransformator keine Streuung hat und praktisch keinen Magnetisierungsstrom aufnimmt, eilt die Stromgrundwelle der Primärspannung (Grundwelle) am Gleichrichtertransformator infolge der Überlappung noch um einen gewissen Betrag nach; und zwar entspricht die Phasennacheilung der Stromgrundwelle dann einer Blindleistung, die ausschließlich auf den gesamten Blindleistungsverbrauch aller Spannungs- bzw. Stromoberwellen in den Leitungswiderständen zurückzuführen ist. Die Blindleistung der Grundwelle kann hierbei erheblich sein; denn sie verhält sich zu den Blindleistungen der Oberwellen umgekehrt wie die Frequenzen (Äquivalenz der Blindleistungen).

Da die Blindleistungsmessung für die Grundwellen praktisch richtige Ergebnisse liefert, ist die gemessene Blindleistung um den Blindleistungsverbrauch der Spannungs- bzw. Stromoberwellen in den Leitungswiderständen größer als der eigentliche Blindleistungsverbrauch der Gleichrichteranlage. Die gemessene Phasenverschiebung rührt demnach nicht nur von den Blindwiderständen der Gleichrichteranlage allein, sondern zum Teil von denen des speisenden Netzes her.

Der Verschiebungsfaktor einer Gleichrichteranlage, die ihre primäre Netzspannung verzerrt, wird also zu klein gemessen. Der wirkliche Verschiebungsfaktor, entsprechend den Daten der Gleichrichteranlage, kann nur eindeutig gemessen werden bei rein sinusförmiger Primärspannung am Gleichrichtertransformator.

Der Verschiebungsfaktor könnte dadurch richtig ermittelt werden, daß man von der gemessenen Blindleistung den gesamten Blindleistungsverbrauch aller primären Spannungs- bzw. Stromoberwellen in dem Netzwiderstand, der errechnet und auf die Grundwelle bezogen wird, abzieht. Jedoch läßt sich diese Korrektur im Betrieb kaum richtig durchführen. Die primären Oberwellen lassen sich zwar genau messen; aber es ist sehr unsicher, mit welchem Blindwiderstand des Netzes zu rechnen ist. Darüber hinaus kann die Spannung von Drehstromnetzen noch durch Verhältnisse verzerrt sein, die mit der Gleichrichterlast nichts zu tun haben.

Auch der Leistungsfaktor kann nicht eindeutig ermittelt werden. Da der Blindwiderstand des Netzes die Überlappung begünstigt, werden mit dessen Zunahme die Oberwellenströme und damit der Primärstrom kleiner, dagegen die Primärspannung infolge der Spannungsoberwellen größer als die entsprechenden Werte bei starrer unverzerrter Netzspannung. Die Scheinleistung ist somit abhängig von dem Blindwiderstand des speisenden Netzes, und der Leistungsfaktor entspricht nicht mehr der eigentlichen Arbeitsweise der Gleichrichteranlage.

Die Verschiebungs- bzw. Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen lassen sich daher nur für den Fall gewährleisten, daß die Primärspannung an der Gleichrichteranlage gut sinusförmig ist.

Zusammenfassung.

Die Verschiebungs- und Leistungsfaktoren von Gleichrichteranlagen können bei sinusförmiger Spannung eindeutig gemessen werden. Bei verzerrter Spannungskurve sind die Meßergebnisse nicht mehr durch die Blindwiderstände der Gleichrichteranlage allein bestimmt, sondern noch von den Blindwiderständen des speisenden Drehstromnetzes abhängig. Die Verschiebungs- und Leistungsfaktoren können daher nur für den Fall gewährleistet werden, daß die Primärspannung an der Gleichrichteranlage gut sinusförmig ist.

Schrifttum:

1. H. Jungmichl, Oberwellen in den Primärströmen von Gleichrichteranlagen. ETZ 52 (1931) S. 171.
2. Meyer-Delius, Die Blindleistung in Gleich- und Umrichteranlagen. Elektr. Wirtsch. 31 (1932) S. 101.
3. Meyer-Delius, Die Blindleistung in Gleichrichteranlagen. BBC-Nachr. 1935, S. 19.
4. Regeln für die Bewertung und Prüfung von Stromrichtern (Entwurf VDE 0555) ETZ 57 (1936) S. 75.

Die Entwicklung der Kranmotoren.

Von A. Graf, Berlin.

(Schluß von S. 986.)

621. 34 : 621. 87

Auch die vom Verband Deutscher Elektrotechniker im November 1924 verfaßte Normung der Kranmotoren baut sich auf der Aussetzleistung auf, und zwar wurde die Leistung der geschlossenen Motoren bei 25 % Einschaltdauer, als Mittelwert für die verschiedenen Betriebsverhältnisse, der Normung zugrunde gelegt. Die geschlossene Bauart wurde gewählt, weil sie für Hebezeuge häufiger verlangt wird als die offene. Die Normung erstreckt sich bei Drehstrom auf die Leistung, die Drehzahl, die Spannung, das Kippmoment, den Luftspalt und den Wellenstumpf. Die Leistungen sind von 0,8 bis 125 kW abgestuft. Die Drehzahlen umfassen die Werte 1500, 1000, 750 und 600 U/min, entsprechend 4, 6, 8 und 10 Polen bei Frequenz 50 Hz. Die Spannungen reichen von 125 bis 500 V. Das

Digitized by Google

Höchstmoment, bei Kranmotoren auch als Anlaufmoment bezeichnet, muß hoch sein, damit die Massen des Triebwerkes, des Motors und der Last rasch beschleunigt und die ruhende Reibung überwunden werden können. Bei Schleifringläufern ist als Mindestwert des Anlaufmomentes das 2,5fache Nenndrehmoment bei 25 % Einschaltdauer vorgeschrieben, um für die gesteigerte Leistung bei 15 % Einschaltdauer noch das zweifache Nenndrehmoment zu erzielen. Für Motoren mit Kurzschlußläufer hat man sich auf das zweifache Nenndrehmoment beschränkt, weil bei höherem Moment die Stromstärke beim Einschalten allzusehr zunimmt. Da dem Energieverbrauch im aussetzenden Betrieb nicht dieselbe Bedeutung wie im Dauerbetrieb zukommt, wurde von einer Normung des Wirkungsgrades und des Leistungsfaktors abgesehen.

Die Normung der Gleichstrom-Kranmotoren in geschlossener Bauart mit Reihenschlußwicklung umfaßt die Leistung, die Drehzahl und den Wellenstumpf. Die Leistungen von 0,8 bis 100 kW sind in Übereinstimmung mit denen der Drehstrommotoren gewählt. Da bis etwa 7,5 kW die Steigerung der Förderleistung des Gleichstrom-Reihenschlußmotors gegenüber dem Drehstrom-Asynchronmotor kaum ins Gewicht fällt, wurden bei diesen kleinen Modellen Leistung und Drehzahl für beide Stromarten gleich gehalten. Bei den größeren Motoren wurde bei gleichem Drehmoment für Gleichstrom eine niedrigere Drehzahl genormt als bei Drehstrom, weil der Gleichstrom-Reihenschlußmotor beim Heben des leeren Hakens, je nach dem Wirkungsgrad des Triebwerkes, die 1,8- bis 2fache Nenndrehzahl erreicht, während die Drehzahl des Drehstrom-Asynchronmotors nur um wenige Prozente zunimmt. Auch ein in die Laufkatze eingebauter Gleichstrom-Reihenschlußmotor steigert die Geschwindigkeit beim Arbeiten mit dem leeren Haken und mit leichten Lasten. Infolge dieser selbsttätigen Anpassung der Drehzahl an die Belastung kann der Gleichstrom-Reihenschlußmotor bei einer bestimmten Förderleistung für eine kleinere Leistung und Drehzahl ausgelegt werden als der Drehstrom-Asynchronmotor, der bei Stückgut-Hubwerken bis zu 20 % größer zu wählen ist. Bei Katzfahrwerken und besonders bei Kranfahrwerken wird der Unterschied der Motorgrößen um so kleiner, je mehr sich das „Entlastungsverhältnis“ von Totlast zu Totlast plus Nutzlast dem Werte 1 nähert.

Kehren wir zum Bau der Kranmotoren zurück, so finden wir als nächsten Schritt in der Entwicklung den Einbau von Wendepolen auch in Kranmotoren. Bei Gleichstrom wird die Leistung eines Motors nicht nur durch die Erwärmung, sondern auch durch die Funkenbildung am Stromwender begrenzt, die besonders bei Überlastung sowie bei großer Beschleunigung und Verzögerung auftritt. Wendepole verhindern die Funkenbildung und steigern so die Lebensdauer und Betriebssicherheit der Motoren. Vermehrte Sorgfalt verwandte man auf das Bandagieren des Gleichstromankers wegen der bei Reihenschlußschaltung mit abnehmender Last wachsenden Drehzahl und auf das Abdichten der Lager nach innen zur Schonung des Stromwenders gegen Ölaustritt aus dem Lager. Durch Verwendung von Wälzlagern wird der Stromwender am wirksamsten gegen Beschmutzung durch Öl geschützt.

Die Normung der Leistung und Drehzahl derart, daß bei Gleichstrom und Drehstrom annähernd gleiche Drehmomente entwickelt werden, mithin dieselben Triebwerke genommen werden können, verstärkte den Wunsch der Hersteller von Hebezeugen nach Motoren, die außer in den schon genormten Wellenstümpfen auch in den Hauptabmessungen, in der Achshöhe und in den Fußlochabständen für beide Stromarten übereinstimmen. So entstanden 1924 die Reihen von Einheitsmotoren mit gleichen Abmessungen für geschlossene und offene Bauart bei beiden Stromarten. Außer der AEG haben die Bergmann-Elektricitäts-Werke die Einheitsbauart entwickelt. Der Gedanke setzte sich jedoch in der Praxis nicht in dem erhofften Maße durch. Bei dem Überwiegen von Drehstrom hat das Einhalten gleicher Maße etwas an Bedeutung verloren.

Die geringe Änderung der Drehzahl mit der Belastung benachteiligt den Drehstrommotor gegenüber dem Gleichstrom-Reihenschlußmotor. Wie erwähnt, muß bei Drehstrom der Hubmotor eines Kranes stets größer gewählt werden als bei Gleichstrom, um durch erhöhte Geschwindigkeit bei Nennleistung die gleiche Zahl von Arbeitsspielen bewältigen zu können. Um mit Drehstrommotoren in einfacher und wirtschaftlicher Weise eine Steigerung der Geschwindigkeit beim Heben des leeren Hakens oder leichter Lasten zu erreichen, gibt es zwei Möglichkeiten: die Polumschaltung und den Kommutatormotor.

Polumschaltbare Motoren werden seit vielen Jahren in Aufzügen, neuerdings auch in Kranen verwendet. Die Motoren werden in der Regel für ein Verhältnis der Drehzahlen von rd. 1 : 3 ausgeführt; sie erhalten dann zwei getrennte Wicklungen im Gehäuse. Bei Polumschaltung im Verhältnis 1 : 2 kann die Dahlander-Schaltung gewählt werden, bei der man mit einer Wicklung im Gehäuse auskommt. Der Läufer wird mit einer oder mit zwei Wicklungen gebaut. Beide Bauarten haben sich bewährt. Für Kranhubmotoren wurden polumschaltbare Motoren mit zwei getrennten Wicklungen im Gehäuse und im Läufer entwickelt. Abb. 8 zeigt einen derartigen

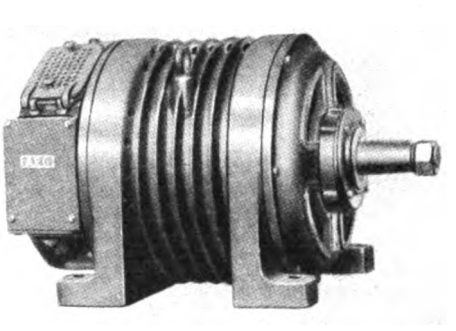


Abb. 8. Doppel-Kranmotor, offen, Baujahr 1931.

„Doppel-Kranmotor“. Für kleine Leistungen sind die Drehzahlen 750 und 1500, für größere 600 und 1000 U/min. Für die niedrige Drehzahl hat der Läufer eine Schleifringwicklung, für die hohe eine Kurzschlußwicklung. Die Wicklungen sind für gleiche Leistung ausgelegt. Mit dem Doppel-Kranmotor können Lasten bis zur halben Nennlast doppelt so schnell gehoben und alle Lasten doppelt so schnell gesenkt werden. Beim Heben von Lasten bis zur halben Nennlast tritt eine beachtliche Verbesserung des Leistungsfaktors ein.

Wechselstrom-Kommutatormotoren werden in der Bauart der Repulsionsmotoren nur mit der Gehäusewicklung, wie gewöhnliche Induktionsmotoren, an das Netz gelegt. Der Läufer hat, wie der Anker eines Gleichstrommotors, Trommelwicklung und Stromwender. Die Bürstenbrücke ist drehbar, so daß die Bürsten nach beiden Seiten aus der Nullstellung verschoben werden können. Je Polpaar erhält die Bürstenbrücke vier Bürstenstifte, von denen je zwei miteinander kurzgeschlossen sind. In der Nullstellung der Bürsten nimmt die Gehäusewicklung beim Einschalten nur den Magnetisierungsstrom auf, ohne ein Drehmoment zu erzeugen. Erst wenn die Bürsten in der einen oder anderen Richtung verschoben sind, entsteht ein Drehmoment, und zwar dreht sich der Läufer um so schneller, je weiter die Bürsten aus der Nullstellung entfernt werden. Anlassen, Regeln der Drehzahl und Bremsen erfolgen lediglich durch Verschieben der Bürsten. Geräte zum Steuern von Anlaßwiderständen und die Widerstände selbst fallen weg; beim Anlassen wird elektrische Energie in Widerständen nicht vergeudet. Sind Führerstand und Motor ortsfest zueinander, so läßt sich die Steuerung durch Bürstenver-

Digitized by Google

schiebung einfach, betriebssicher und genau arbeitend entwickeln. Die Motoren haben Reihenschlußverhalten; die Drehzahl paßt sich, wie beim Gleichstrom-Reihenschlußmotor, selbsttätig der Belastung an. Für ein bestimmtes Lastmoment hängt die Drehzahl von der Bürstenstellung ab. Die Regelung erfolgt stetig und nahezu stufenlos; sie gestattet, feinfühlige Bewegungen auszuführen. Werden die Bürsten im Sinne der Drehrichtung verschoben, so arbeitet der Motor als Stromerzeuger, wirkt als Bremse und kann in das Netz zurückarbeiten. Der Leistungsfaktor ist auch bei Teilbelastung hoch. Die Motoren werden sowohl einphasig als auch dreiphasig gebaut. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den beiden Bauarten besteht nicht.

Im Hebezeugbetrieb hat zuerst der Einphasen-Kommutatormotor, Schaltung Déri, Verbreitung gefunden. Abb. 9 zeigt einen Motor in gekapselter Bauart mit Durchzuglüftung für 11 kW, 500 U/min bei 25 % Einschaltdauer. Ein Déri-Motor, offen mit Fremdbelüftung, für 118 kW, 600 U/min, 500 V, 55 % Einschaltdauer ist in Abb. 10 wiedergegeben. Abb. 11 zeigt einen Drehstrom-Reihenschlußmotor in offener Bauart für 140 kW, 600 U/min bei 25 % Einschaltdauer.

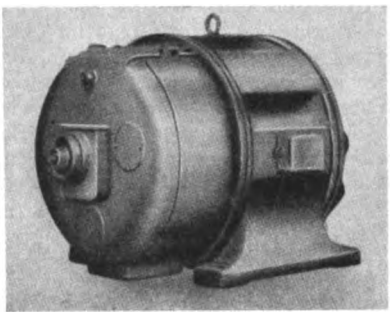


Abb. 9. Déri-Motor, gekapselt, Baujahr 1922.

Um bei höherer relativer Einschaltdauer an den Werkstoffen geschlossener Kranmotoren sparen zu können, wurden zur wirksamen Abführung der Wärme außer Kühlrippen auch Lüfter verwendet. In der bisherigen Bauart fiel die Leistungskurve über 50 % Einschaltdauer so stark ab, daß der Motor bei etwa 75 % Einschaltdauer eine Nutzleistung nicht mehr abzugeben vermochte, da die bei Leerlauf entstehenden Verluste schon die Grenzerwärmung erzeugten.

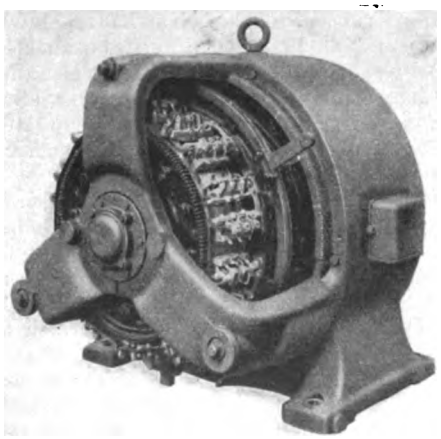


Abb. 10. Déri-Motor, offen, Baujahr 1925.

Der Wärmeübergang von einem warmen Körper auf einen kälteren geschieht auf dreierlei Weise: durch Strahlung, durch Leitung und durch Strömung (Konvektion). Die im Gehäuse erzeugte Wärme gelangt durch die gute Wärmeleitung des Eisens an die Mantelfläche. Durch Einbau eines Lüfters im Innern werden Wärmestauungen vermieden sowie eine wirksame Luftbewegung und Wärmeabgabe auch der im Läufer entstehenden Wärme an die Außenfläche erzielt. Diese Wärme geht an die Umgebung fast ausschließlich durch Strahlung über, die zwar bei hohen Temperaturunterschieden eine sehr gute Wirkung hat, mit abnehmendem Temperaturgefälle aber sinkt. Durch Strömung kann der Wärmeübergang wesentlich gesteigert werden. Strömung tritt in geringem Maße schon dadurch ein, daß die mit der warmen Oberfläche des Motors in Berührung gekommene Luft infolge der Erwärmung in die Höhe steigt und so eine geringe Luftströmung erzeugt. Der Wärmeübergang an Gase nimmt nun beträchtlich mit der Geschwindigkeit der Gase zu. Diese Erkenntnis wurde mit bestem Erfolge beim Bau geschlossener Motoren für Dauerbetrieb allgemein verwertet; sie findet neuerdings mehrfach auch für geschlossene Kranmotoren Verwendung.

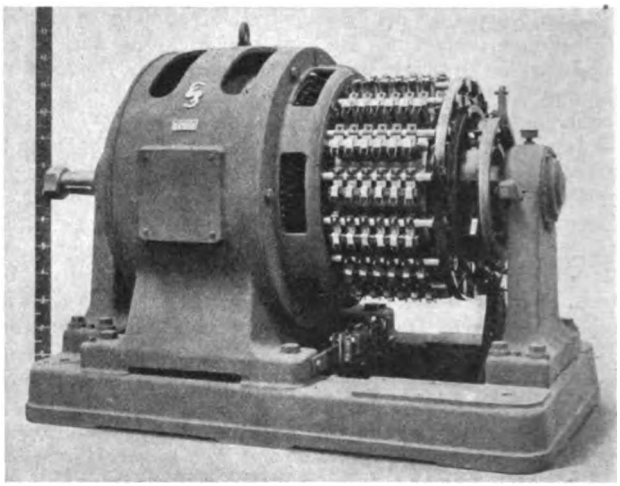


Abb. 11. Drehstrom-Reihenschlußmotor, Baujahr 1933.

Abb. 12 stellt einen Drehstrom-Kranmotor im Schnitt dar. Durch Rippen in axialer Richtung wird, wie schon in früheren Bauarten, die kühlende Oberfläche vergrößert. Zwischen dem völlig geschlossenen Motorinnern und dem antriebseitigen Lagerschild befindet sich ein Lüfter, der die Außenluft über das Lager weg ansaugt und mit großer Geschwindigkeit entlang den Kühlrippen des Gehäusemantels drückt. Dadurch wird der Wärmeübergang nicht nur durch Strömung erhöht, sondern auch durch Leitung, indem die wirksame Kühlung der Mantelfläche den Temperaturunterschied zwischen innen und außen steigert und so dem Innern in der Zeiteinheit mehr Wärme entzieht. Auf der Motorwelle sind zwei weitere Lüfter angebracht; der eine, auf der Antriebseite, hält die erwärmte Innenluft in dauernder Bewegung und drückt sie durch Kanäle entlang der Innenfläche des Gehäusemantels. Der Raum, in dem die Schleifringe und Bürsten sind, ist vom übrigen Teil durch eine Wand getrennt, damit keinerlei Bürstenstaub auf der Wicklung sich ablagern kann. In diesem Raume sorgt der zweite Lüfter für dauernde Luftbewegung. Die Bauform gestattet eine Verminderung der äußeren Abmessungen sowie

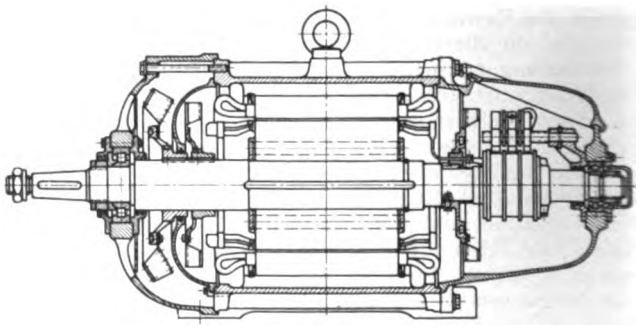


Abb. 12. Drehstrom-Kranmotor, Baujahr 1930.

Digitized by Google

eine Senkung des Schwungmoments, die wiederum eine Kürzung der Beschleunigungs- und Verzögerungszeit zur Folge hat.

Bei Gleichstrom trägt die Anordnung der verstärkten Kühlung dem Umstande Rechnung, daß der Herd der Wärmebildung vorzugsweise im Anker liegt und überdies die Wärme aus den Feldspulen nur träge zum gut leitenden Gehäuse übertritt. Abb. 13 und 14 zeigen Schnitt und Ansicht eines Gleichstrom-Kranmotors. Über den glatten Mantel des Gehäuses sind in großer Zahl Rohre verteilt. Innerhalb des antriebseitigen Lagerschildes befindet sich ein Lüfter, der Außenluft ansaugt und über den Gehäusemantel, entlang der Außenfläche der Rohre, bläst. Durch eine Wand getrennt, sitzt auf der Welle ein zweiter Lüfter, der die erwärmte Luft aus dem Stromwenderraum und aus dem Motorinnern ansaugt

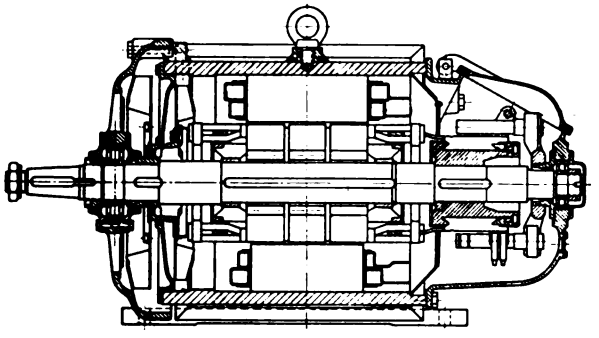


Abb. 13. Gleichstrom-Kranmotor, Baujahr 1930, Schnitt.

und durch die Kühlrohre des Gehäusemantels drückt. Die am anderen Ende aus den Rohren strömende, gekühlte Luft wird durch ein Führungsblech zum Stromwender geleitet und beginnt dort wieder ihren Kreislauf. Die zum Teil durch das Kühlverfahren bedingte gestreckte Bauart führte auch hier zu einer Senkung des Schwungmomentes.

Abb. 15 zeigt im Schnitt Drehstrom-Kranmotoren in offener, regengeschützter, geschlossener und fremdbelüf-

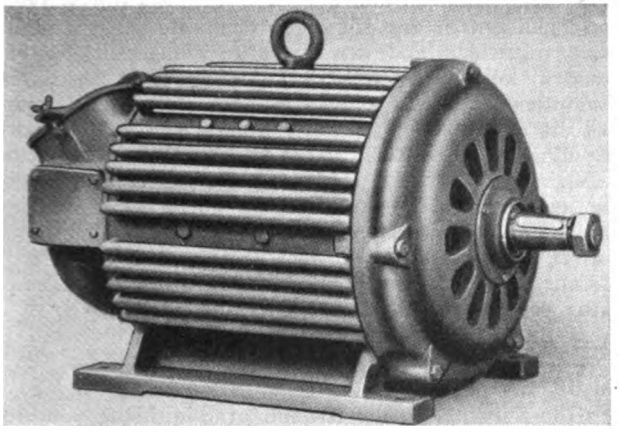


Abb. 14. Gleichstrom-Kranmotor, Baujahr 1930, Ansicht.

teter Ausführung. Bei der fremdbelüfteten Ausführung drückt ein durch einen besonderen Motor betriebener Lüfter einen kräftigen Luftstrom entlang den radial angeordneten Rippen des Gehäuses. Die Lüftung ist hier unabhängig von der Drehzahl des Kranmotors und wirkt in voller Stärke auch bei dessen Stillstand.

Eine weitere Steigerung der Leistung brachten die Fertigung und Verwendung wärmebeständiger Isolierstoffe. Die Regeln für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (R.E.M. 1930) lassen bei Verwendung von Asbest- und Glimmerisolation der Wicklung von Motoren eine Grenzerwärmung von 80 ° C zu, während bei Baumwollisolation die erlaubte Übertemperatur nur 60 ° C beträgt. Die unter dem Namen „Apyroldraht" und „Durignit" gefertigten Isolationsarten besitzen eine Isolierschicht des Wickeldrahtes aus fest am Kupfer haftenden, gegen Feuchtigkeit imprägnierten Asbestfasern, die mittels eines wärmebeständigen, gut isolierenden Klebestoffes auf den Draht gebracht werden. Ohne nennenswerte Verminderung der dielektrischen Festigkeit könnte der Draht selbst bei Betriebstemperaturen von 150 bis 200 ° C verwendet werden. Die Rücksicht auf die Betriebssicherheit

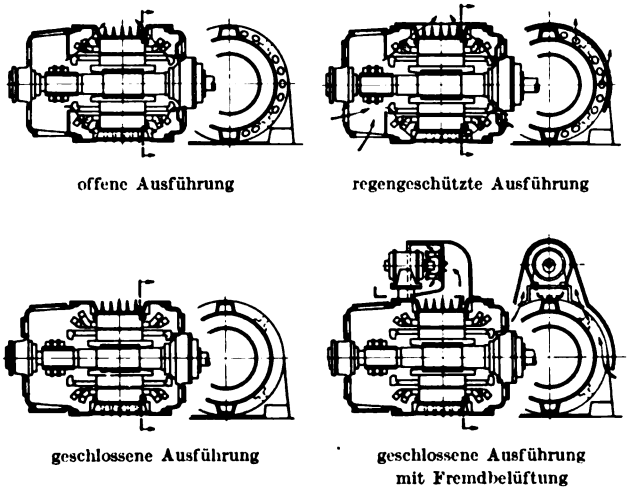


Abb. 15. Drehstrom-Kranmotoren, Baujahr 1933.

sowie auf den Zustand der Lötstellen, der Kohlebürsten und des Lagerfettes verbietet jedoch eine derartige Steigerung der Temperatur und zwingt dazu, sich mit einer Erhöhung um 80 ° C zu beschränken.

Wiewohl im Hebezeugbetrieb bei Gleichstrom der Reihenschlußmotor nach wie vor das Feld beherrscht, benutzt man neuerdings in Seehäfen, wo vielfach noch Gleichstromanlagen bestehen, außer den Reihenschlußmotoren auch regelbare Nebenschlußmotoren. Hubhöhen von 25 m sind in Seehäfen keine Seltenheit, besonders wenn unmittelbar in die Lucke gefördert wird; sie zwingen zur Steigerung der Geschwindigkeit beim Heben und Senken der Nennlast und leichterer Lasten. Für Hubhöhen bis zu 12 m wählt man in der Regel eine Nennlastgeschwindigkeit von 0,6 m/s; bei größerer Hubhöhe geht man bis auf 1 m/s. Die willkommene Eigenschaft des Reihenschlußmotors, die Drehzahl selbsttätig der Last anzupassen, birgt anderseits den Nachteil, daß eine Beeinflussung der Drehzahlkennlinie in Abhängigkeit von der Last im allgemeinen nicht möglich ist. Zwar läßt sich durch Widerstände parallel zur Feldwicklung auch beim Reihenschlußmotor eine weitere Steigerung der Drehzahl erreichen; dann wird aber der Motor auch bei Nennlast mit geschwächtem Magnetfeld betrieben und infolge der erhöhten Drehzahl überlastet. Bei großen Hub- und Senkhöhen spielen die Art der Bremsung und die Möglichkeit eines Rückgewinnes elektrischer Arbeit betriebswirtschaftlich eine Rolle. Der Reihenschlußmotor kann im allgemeinen als elektrische Bremse nur wirken, wenn er, vom Netz abgeschaltet, als Stromerzeuger auf Widerstände arbeitet. Hierbei wird zwar die mechanische Bremse geschont, aber keine Arbeit rückgewonnen. Speist man die Feldwicklung des Reihenschlußmotors aus dem Netz, so wird aus ihm ein Stromerzeuger mit Fremderregung, der wie ein Nebenschlußgenerator nunmehr elektrische Energie in das Netz liefern kann. Die Feldwicklung des Reihenschlußmotors hat jedoch nur geringen Widerstand; eine Spannung von wenigen

Digitized by Google

Volt genügt, um den vollen Erregerstrom durch die Wicklung zu schicken. Da diese geringe Spannung wohl nie zur Verfügung steht, vielmehr nur die wesentlich höhere Netzspannung, muß ein großer Widerstand vorgeschaltet werden, in dem unter Umständen mehr elektrische Energie verzehrt wird, als die Maschine ins Netz rückliefert. Wählt man einen Motor mit zwei Erregerwicklungen, der jedoch im Preise höher liegt, so kann der Reihenschlußmotor beim Senken wirtschaftlich Energie in das Netz zurückliefern.

In der gewöhnlichen Schaltung ist der Nebenschlußmotor für Kranhubwerke nicht brauchbar, weil seine Drehzahl wie beim Drehstrom-Asynchronmotor sich Laständerungen nur ungenügend anpaßt. Schwächt man das Magnetfeld, so steigt zwar die Drehzahl des Ankers, es besteht aber die Gefahr einer Überlastung, wenn der Motor mit dem geschwächten Felde und der hohen Drehzahl eine schwere Last durchziehen muß. Der Nebenschlußmotor wird für den Kranbetrieb erst brauchbar, wenn die Änderung der Feldstärke von Hand oder selbsttätig der Belastung folgt. Dann ist es möglich, dem Motor eine Drehzahlkennlinie ähnlich derjenigen des Reihenschlußmotors zu geben, jedoch mit steilerem Ansteigen der Geschwindigkeit bei verminderter Last. Eine interessante Lösung ist hierfür entwickelt worden, indem zum selbsttätigen Regeln des Magnetfeldes des Hubmotors eine freilaufende „Dämpfungs- oder Selbstregelmaschine" verwendet wird. Sie besteht aus einem Nebenschlußmotor und einem mit ihm gekuppelten Stromerzeuger für Fremderregung, dessen Anker auf einen unveränderlichen Widerstand geschaltet ist. Der Anker des Nebenschlußmotors liegt verzweigt zum Regelwiderstand der Feldstromstärke des Hubmotors. Der Ankerstrom des Hubmotors ändert das Feld des Nebenschlußmotors und des Stromerzeugers derart, daß mit wachsender Belastung des Hubmotors die Drehzahl des Regelsatzes auf doppelte Art zurückgeht, während bei Entlastung, insbesondere beim Heben des leeren Hakens, die Steigerung der Geschwindigkeit größer ist als bei Verwendung eines Reihenschlußmotors.

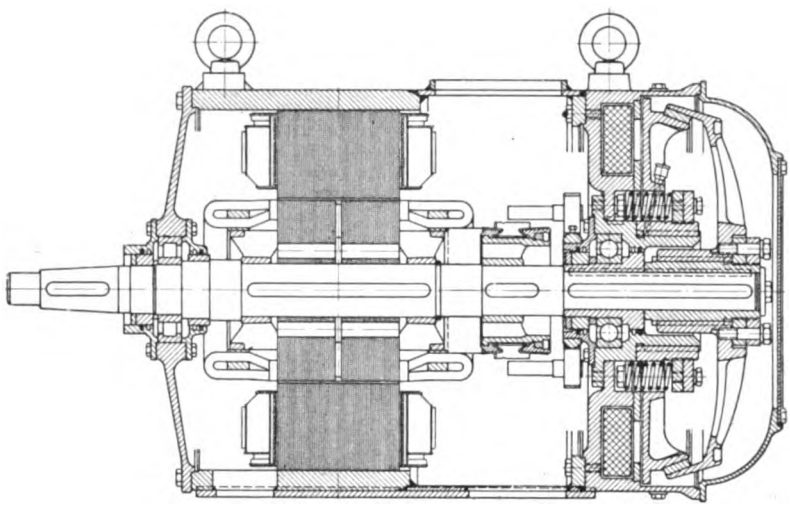


Abb. 16. Gleichstrom-Kranmotor mit eingebauter Bremse, Baujahr 1935.

Platzmangel kann zum Zusammenbau des Motors mit der Bremse zwingen. Abb. 16 zeigt einen gekapselten Gleichstrom-Hebezeugmotor mit einer im Lagerschild der Stromwenderseite eingebauten, federbelasteten Bremse. Der Motor ist für eine Schiffsladewinde bestimmt. Die Lüftung der Bremse besorgt der im Bild sichtbare Ringmagnet, durch den die Gegenbremsscheibe angezogen, also ein Maschinenteil mit nur geringer Masse bewegt wird, so daß Schläge durch Massenwirkung nicht entstehen können.

Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer erhalten fast ausschließlich Läufer mit zwei Kurzschlußwicklungen in Sonderausführung für aussetzenden Betrieb. Die unter dem Namen Doppelstab-, Doppelnut- und Doppelkäfigläufer oder -motoren bekannte Bauart besitzt im Läufer zwei Kurzschlußwicklungen, von denen die eine, mit hohem Widerstand, außen, die zweite, mit geringem Widerstand, weiter innen in Nuten mit Kurzschlußringen an den Stirnflächen des Läufers eingebettet liegt. Die Motoren unterscheiden sich von denen mit einer einzigen Kurzschlußwicklung durch geringere Stromaufnahme während der Beschleunigung und durch größeres Anlaufmoment, das während des ganzen Anlaufes annähernd konstant bleibt. Im Gegensatz zu Motoren mit Schleifringläufer entstehen die Verluste während der Beschleunigung nur im Motor; die Erwärmung erreicht daher höhere Werte und erfordert bei der Wahl des Motors Rücksichtnahme auf die Schalthäufigkeit und auf das Schwungmoment der zu beschleunigenden Massen. Die Motoren entwickeln beim Anlauf das zweifache Nennmoment bei dreifachem Nennstrom; sie werden sowohl für eine Drehzahl als auch für Polumschaltung gebaut. Für den Antrieb von Kranen sind Motoren mit Doppelnutläufer nur bei kleinen Leistungen und geringer Schalthäufigkeit zu verwenden.

Von großer Bedeutung für die Betriebssicherheit und Lebensdauer der Kranmotoren sind die Bürsten auf dem Stromwender und auf den Schleifringen sowie die Bürstenhalter. Es bedurfte langwieriger Versuche, um die Bedingungen für ein gutes Arbeiten der Kohlebürsten zu erforschen und die Kohle für Stromwender und Schleifringe allgemein einzuführen. Nicht nur die Werke, die sich mit der Fertigung von Kohlebürsten und Bürstenhaltern befassen, sondern auch die Unternehmungen, die sich dem Bau von Stromerzeugern und von Elektromotoren widmen, errichteten physikalische und chemische Laboratorien und besondere Bürstenprüfstellen für laufende Untersuchungen über die günstigsten Abmessungen, spezifischen Widerstand, Reibungszahl, Ausdehnungskoeffizient, Wärmeleit- und Schleifvermögen. In einem Dauerschlagwerk wird das Verhalten der Kohlen gegen Stöße ermittelt. Die Werkstoffe der Lamellen und Schleifringe sowie die Wirkung von Schlitzen in der Kohle werden untersucht und der Übergangswiderstand der Armatur gemessen. So entstanden im Laufe der Jahre die Bronzebürsten, eine Stampflegierung aus reinem Kupferpulver und Graphit, und die elektrographitischen Bürsten. Die Bürstenhalter erhielten glatte Kasten, zwecks leichter Beweglichkeit der Kohle, mit Federdruck, der ohne Zwischenglieder unmittelbar auf die Kohle wirkt. Für den hohen Verschleiß der Schleifringe und Bürsten geschlossener Drehstrommotoren konnte eine Erklärung in dem gesteigerten Angriff des Metallstaubes auf Gußbronze und in der erhöhten Temperatur gefunden werden.

Zusammenfassung.

Die Entwicklung der Kranmotoren im Laufe von mehr als vier Jahrzehnten ist das Ergebnis der wechselseitigen Befruchtung des mechanischen und des elektrischen Teiles der Hebezeuge. Ermöglichte der elektrische Antrieb die Verbesserung bestehender und den Bau neuer Formen von Hebezeugen, so steigerte der Hebezeugbau mehr und mehr die Anforderungen an Leistung, Geschwindigkeit, Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit, die zur Entwicklung neuer Richtlinien im Bau der Kranmotoren führten. Die Wahl der Motoren nach der Aussetzleistung bietet volle Gewähr dafür, daß die Motoren auch im angestrengtesten Hebezeugbetrieb zuverlässig und wirtschaftlich arbeiten.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Hochfrequenztechnik.

Auf Grund der gegen den in ETZ 57 (1936) H. 8, S. 213 veröffentlichten Entwurf 1 von VDE 0855 eingegangenen Einsprüche wurde von dem Unterausschuß „Antennen" der nachstehende Entwurf 2 zu VDE 0855 „Vorschriften für Antennenanlagen" ausgearbeitet.

Einsprüche gegen diesen Entwurf 2 sind bis zum 3. Oktober 1936 an die Geschäftstelle des VDE in doppelter Ausfertigung einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Entwurf 2.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

VDE 0855

Vorschriften für Antennenanlagen.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.
§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.
II. Begriffserklärungen.
§ 3.
III. Bauvorschriften.
A. Allgemeines.
§ 4. Antennenführung.
B. Mechanische Sicherheit.
§ 5.
C. Elektrische Sicherheit.
§ 6. Antennenstützpunkte.
§ 7. Antennenzuleitung.
§ 8. Überspannungsschutzgeräte.
§ 9. Erdungsschalter.
§ 10. Blitzschutzerdung.
IV. Kreuzungen und Näherungen.
§ 11. Kreuzungen von und Näherungen an Starkstromleitungen.
§ 12. Kreuzungen von und Näherungen an Fernmelde-Freileitungen.
§ 13. Gleichzeitige Kreuzungen von Fernmelde-Freileitungen und Starkstromleitungen.
V. Überwachung.
§ 14.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Vorschriften treten am ..... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Die Vorschriften gelten für alle Sende- und Empfangsantennen, bei denen Gefährdungen von Leben und Sachwerten infolge von bautechnischen Unzulänglichkeiten oder infolge von Überspannungen auftreten können.

„Bautechnische Unzulänglichkeiten" sind solche, die z. B. Gestängeumbruch, Leitungsbruch und Berührung zur Folge haben können; „Überspannungen" sind Spannungserhöhungen irgendwelcher Art, z. B. durch atmosphärische Entladungen, Induktion usw.

b) Die Vorschriften gelten nicht für Antennen, bei denen die unter a) genannten Gefährdungen nicht zu erwarten sind.

Hierunter fallen z. B. Innenantennen und Antennen von geringer Ausdehnung an der Außenwand von Gebäuden, die nicht über die durch überstehende Gebäudeteile gegebenen Umrisse hinausragen.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Eine Antennenanlage besteht aus der Antenne mit Zuleitung, den Stützpunkten mit Abspannungen, den Blitzschutz- und Erdungsanlagen.

b) Antennen sind Leitergebilde, die zum Aufnehmen oder Aussenden elektromagnetischer Wellen errichtet sind.

c) Außenantennen sind Antennen, deren Leiter ganz oder teilweise im Freien angeordnet sind.

d) Stabantennenanlagen sind solche, bei denen die Antenne durch nur einen vorwiegend senkrechten stabförmigen Träger gestützt wird oder selbsttragend ist.

e) Gemeinschaftsantennen sind Antennen, an die mittelbar oder unmittelbar — z. B. über einen Verstärker — mehr als eine Empfangsanlage angeschlossen ist.

f) Antennenzuleitung ist die Verbindungsleitung zwischen Empfänger oder Sender einerseits und dem aufnehmenden oder ausstrahlenden Teil der Antenne andererseits.

Abgeschirmt heißt diese Verbindungsleitung, wenn sie gegen die Aufnahme oder Ausstrahlung durch besondere Maßnahmen geschützt ist.

g) Das Überspannungsschutzgerät ist eine Einrichtung, die das Auftreten gefährlicher Überspannungen bei nicht geerdeter Antenne verhindert; es kann auch mit anderen Anlageteilen, z. B. dem Erdungsschalter, zusammengebaut sein.

h) Die Blitzschutzerdung besteht aus der Erdungsleitung vom Erdungsschalter und vom Überspannungsschutzgerät zum Erder und dem Erder selbst. Sie hat die Aufgabe, Aufladungen in der Antenne zur Erde abzuleiten.

i) Der Blitzschutzdraht ist ein Leiter, der an isolierenden Antennenstützpunkten entlang geführt und mit dem Erder verbunden ist.

III. Bauvorschriften.

A. Allgemeines.

§ 4.

Antennenführung.

a) Antennen dürfen nicht über Gebäude mit weicher Bedachung (Stroh-, Rohr-, Reet-, Schindel-, Lehmschindel- u. dgl. Dächer) geführt werden.

b) Bei hart gedeckten Dächern muß die Antennenanlage so angeordnet sein, daß die Begehbarkeit des Daches, die Reinigung der Schornsteine und die Ausführung von Dacharbeiten durch die Antennenanlage nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

Im allgemeinen genügt eine lichte Höhe von etwa 2 m zwischen den für eine Begehung in Frage kommenden Teilen des Daches und der Antennenanlage, sofern die Anlageteile nicht unmittelbar auf der Dachhaut geführt sind.

c) Öffentliche Plätze, Verkehrswege, elektrische Leitungen, Bahnen und Wasserstraßen dürfen für die Antennenführung nur mit Genehmigung der zuständigen Stellen benutzt oder gekreuzt werden.

Bei Kreuzung von Bahnen ist das Einverständnis des Bahnunternehmers, bei Kreuzung von Wasserstraßen das Einverständnis der Wasserstraßenverwaltung, bei Kreuzung von Starkstromleitungen das Einverständnis des Elektrizitätswerkes, bei Kreuzung von Fernmelde-Freileitungen das Einverständnis der zuständigen Postdienststelle oder des Besitzers erforderlich.

d) Errichtung, Instandsetzungen und Abbau von Antennenanlagen nach c) dürfen nur durch anerkannte Fachleute erfolgen.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im ..... — Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 213, 1043 und .....
Die Absätze in Kleindruck sind Erklärungen zu den Vorschriften, denen sie angefügt sind.

Digitized by Google

B. Mechanische Sicherheit.

§ 5.

a) Die Antennenanlage muß in allen ihren Teilen eine bei der auftretenden Höchstbeanspruchung genügende Sicherheit und Wetterbeständigkeit aufweisen.

Für Antennenanlagen nach § 4c) gelten außerdem die Bestimmungen in §§ 11 bis 13.

b) Als Werkstoffe für Antennen und Antennenzuleitungen sind solche zulässig, deren mechanische Bruchfestigkeit und elektrische Leitfähigkeit ausreichen.

Die Werkstoffe sind nach DIN VDE 8310[2]) auszuwählen; andere gleichwertige Werkstoffe sind zulässig.

c) Als Abspannpunkte dürfen Schornsteine, turmartige Aufbauten, Hausgiebel und Fahnenstangen nur dann Verwendung finden, wenn diese Teile den zu erwartenden Beanspruchungen gewachsen sind und durch die Anbringung der Antennenanlage in ihrer Festigkeit nicht beeinträchtigt werden.

Befestigungen, z. B. an Schornsteinen, sind im allgemeinen mit das Mauerwerk umfassenden Schellen vorzunehmen.

C. Elektrische Sicherheit.

§ 6.

Antennenstützpunkte.

a) Metallaufbauten auf Dächern, die als Antennenstützpunkte dienen, müssen geerdet, isolierende Dachständer über 3 m Höhe mit einem zu erdenden Blitzschutzdraht von 3 mm Durchmesser versehen werden.

Zu Dachaufbauten aus Metall gehören z. B.: Rohrständer, Gittermaste, Fahnenstangen, Metallteile, wie Türmchen, Spitzen, Firmenschilder usw. Für die Erdung der Antennenstützpunkte oder der Blitzschutzdrähte können Metallteile der Gebäude — auch Heizungs- und Wasserleitungsrohre — verwendet werden, wenn diese selbst geerdet sind.

b) Verbindungen mit Blitzableiteranlagen müssen an den Verbindungsstellen eine Berührungsfläche von mindestens 10 cm² haben, sofern nicht Bauteile nach DIN VDE 1818, 1819, 1837 und 1845 verwendet werden.

c) Im Freien stehende Stangen, die als Abspannpunkte für Antennen benutzt werden und höher als 5 m sind, müssen mit einem Blitzschutzdraht von 5 mm Durchmesser versehen werden.

d) Bei Stabantennenanlagen mit isolierenden Trägern ist der Blitzschutzdraht oder ein mit ihm verbundener Metallteil nahe — mindestens auf 30 mm — an den aufnehmenden oder ausstrahlenden Teil der Antenne heranzuführen.

§ 7.

Antennenzuleitung.

a) Antennenzuleitungen außerhalb und innerhalb von Gebäuden müssen bis an den Erdungsschalter so geführt sein, daß von Starkstromleitungen ein Mindestabstand von 10 cm gewahrt bleibt.

b) Die Unterbringung von Antennenzuleitungen in senkrecht verlaufenden Schornsteinen oder Luftschächten ist nur in Ausnahmefällen zulässig. Hierbei sind die Bestimmungen in § 8e) und § 9d) anzuwenden.

§ 8.

Überspannungsschutzgeräte.

a) Außenantennen müssen durch ein mit dem Erder verbundenes Überspannungsschutzgerät ausgerüstet sein, das außerhalb oder innerhalb des Gebäudes nahe der Einführung anzubringen ist. Das Überspannungsschutzgerät muß von leicht entzündbaren Stoffen so weit entfernt sein, daß eine Brandgefahr nicht zu befürchten ist.

Als Überspannungsschutzgeräte sind u. a. geeignet: Funkenstrecken mit 0,1 mm Luftstrecke, Luftleer- und Glimmspannungsableiter.

b) Ein Überspannungsschutzgerät ist auch dann nahe der Einführung in das Gebäude anzubringen, wenn Transformatoren, Kondensatoren oder dgl. vor der Einführung in das Gebäude in der Antenne oder in ihrer Zuleitung angeordnet sind.

c) Bei Gemeinschaftsantennen ist ein Überspannungsschutzgerät an der ersten Einführungsstelle anzubringen, das außer einem Überspannungsschutz nach a) eine Schutzfunkenstrecke von 1 cm² Fläche bei 0,3 mm Luftstrecke enthält.

d) Bei abgeschirmten Zuleitungen muß auch die Abschirmung, sofern sie nicht mit der Blitzschutzerde dauernd verbunden ist, mit einem Überspannungsschutzgerät versehen werden.

[2]) In Vorbereitung.

e) Werden Antennenzuleitungen ausnahmsweise in Schornsteinen oder Luftschächten angeordnet, so ist das Überspannungsschutzgerät an der unteren Austrittstelle anzubringen.

§ 9.

Erdungsschalter.

a) Außer dem Überspannungsschutzgerät nach § 8 muß in der Nähe der Einführung außerhalb oder innerhalb des Gebäudes stets ein Schalter leicht zugänglich angeordnet werden, durch den die Antenne mit der Blitzschutzerdung verbunden und gleichzeitig die Verbindung zwischen Antennenzuleitung und Empfänger getrennt werden kann.

b) Bei abgeschirmter Zuleitung muß auch die Abschirmung durch einen Schalter geerdet und vom Empfänger getrennt werden können.

c) Der Erdungsschalter muß folgenden Anforderungen genügen:

1. Die Schalterteile müssen so ausreichend bemessen sein, daß sie den mechanischen Beanspruchungen bei häufiger Betätigung gewachsen sind.
2. Das bewegliche Schaltstück muß die vorgesehene Kontaktstelle stets zuverlässig erreichen und diese Stellung beibehalten.
3. Der Abstand der mit der Antennenzuleitung und der mit der Empfängerzuleitung verbundenen Schaltkontakte muß mindestens 30 mm betragen.
4. Der Schaltgriff muß gegen die mit der Antenne verbundenen Metallteile isoliert sein.
5. Der Anschluß für die Zuleitung der Blitzschutzerdung muß zur Aufnahme eines Drahtes von mindestens 3 mm Durchmesser bemessen sein.

d) Werden Antennenzuleitungen ausnahmsweise in Schornsteinen oder Luftschächten angeordnet, so ist der Erdungsschalter an der unteren Austrittstelle anzubringen.

§ 10.

Blitzschutzerdung.

a) Die Zuleitung zur Blitzschutzerdung muß bei Ausführung in verzinktem Stahl einen Durchmesser von mindestens 3 mm oder bei Ausführung in Kupfer einen Nennquerschnitt von mindestens 6 mm² haben. Bei Verlegung im Freien sind Seile nicht zulässig; in Gebäuden sind verseilte Leiter — auch isoliert — zulässig.

Neben der Wasserleitung gelten auch geerdete Heizungsrohre als ausreichende Blitzschutzerdung.

Die Verbindungsleitung des Erdungsschalters und des Überspannungsschutzgerätes mit dem Erder ist möglichst kurz, geradlinig und senkrecht zu führen.

b) Erdungsleitungen, die in das Erdreich eingeführt werden, müssen bis 1,5 m über Erde einen Nennquerschnitt von mindestens 50 mm² Stahl oder von mindestens 25 mm² Kupfer haben. Geringere Querschnitte — jedoch nicht unter 3 mm Durchmesser — sind zulässig, wenn Werkstoffe gewählt werden, deren mechanische Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit ausreichend ist.

c) Regenabfallrohre dürfen zur Blitzschutzerdung verwendet werden, wenn sie metallisch dauerhaft durchverbunden und geerdet sind.

d) Blitzableiteranlagen dürfen als Blitzschutzerdung mitverwendet werden.

Gefährlich ist es, eine außen am Gebäude verlaufende Blitzschutzerdung als Apparaterdung in die Wohnung einzuführen. Die Apparaterdung soll von einer solchen Blitzschutzerdung getrennt sein.

IV. Kreuzungen und Näherungen.

§ 11.

Kreuzungen von und Näherungen an Starkstromleitungen.

a) Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Spannungen über 250 V gegen Erde und von Fahrleitungen elektrischer Bahnen mit Spannungen über 750 V gegen Erde sind verboten; Kreuzungen von solchen mit niedrigeren Spannungen sind möglichst zu vermeiden.

b) Bei Näherungen an Starkstromleitungen mit Spannungen über 250 V gegen Erde und an Fahrleitungen elektrischer Bahnen mit Spannungen über 750 V gegen Erde muß die Antennenanlage einschließlich der Abspanndrähte so angeordnet werden, daß — auch bei Drahtbruch — ein Übertritt der Fremdspannung unter allen Umständen ausgeschlossen ist. Der waagerechte Abstand darf keinesfalls weniger als 10 m betragen.

c) Bei Kreuzungen von Starkstromleitungen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde und Fahrleitungen elek-

Digitized by Google

trischer Bahnen mit Spannungen bis 750 V gegen Erde sind Antenne und Antennenzuleitung als isolierte Leitungen mit wetterfest getränkter Beflechtung (NGAW) nach VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L." auszuführen. Der senkrechte Mindestabstand der beiden Leitungen muß in jedem Falle — auch bei größtem Durchhang — 0,5 m betragen.

d) Die Vorschrift unter c) gilt auch für Näherungen, wenn bei Bruch eine Berührung der beiden Leitungen möglich ist.

e) Bei Kreuzungen von Fahrleitungen elektrischer Bahnen auf öffentlichen Wegen muß die Antenne bruchsicher verlegt oder über der Fahrleitung ein Schutzdraht angebracht werden.

f) Bei Kreuzungen nach c) sind außerdem folgende Sicherheitsmaßnahmen anzuwenden:

1. Nur Einleiterantennen sind zulässig. Die auftretende Höchstzugspannung darf in der Antenne im ungünstigsten Belastungsfalle $^1/_5$ der Dauerzugfestigkeit nicht überschreiten. Für die Abspannung ist der gleiche Baustoff und mindestens der gleiche Querschnitt wie für die Antenne selbst zu verwenden.
2. Die Isolatoren dürfen nur auf Druck beansprucht werden.
3. Die Stützpunkte, Abspannungen, Seile und Streben müssen bei Höchstbeanspruchungen gegen Zug, Druck, Biegung und Knickung eine sechsfache Sicherheit aufweisen.
4. Außer den in §§ 8 und 9 verlangten Schutzmaßnahmen ist ein Schutzkondensator von 10 nF für eine Betriebsspannung von 1 kV zwischen Erdungsschalter und Empfänger kurz hinter der Einführung anzuordnen.

§ 12.

Kreuzungen von und Näherungen an Fernmelde-Freileitungen.

a) Kreuzungen sind möglichst rechtwinklig, jedenfalls nicht unter einem kleineren Winkel als 60 ° und in einem Abstande von wenigstens 1 m auszuführen.

b) Parallelführung im Abstande von weniger als 5 m ist nicht zulässig.

c) Wenn bei Bruch der Antenne oder der Antennenzuleitung eine Berührung mit der Fernmelde-Freileitung möglich ist, sind die Antenne und die Antennenzuleitung als Gummiaderleitung mit wetterfest getränkter Beflechtung (NGAW) nach VDE 0250 auszuführen.

§ 13.

Gleichzeitige Kreuzung von Fernmelde-Freileitungen und Starkstromleitungen.

Die gleichzeitige Kreuzung einer Fernmelde-Freileitung und einer Starkstromleitung nach § 11 durch eine Antenne ist verboten, wenn bei Bruch in der Antennenanlage Teile derselben gleichzeitig auf die Fernmelde-Freileitung und die Starkstrom- oder Bahnleitung fallen können.

V. Überwachung.

§ 14.

Antennenanlagen sind in einem den vorstehenden Vorschriften entsprechenden Zustande zu erhalten.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat Entwürfe zu den Normblättern

DIN VDE 300 „Tastfinger zur Prüfung des Berührungsschutzes elektrischer Geräte",
DIN VDE 6207 „Anschlußklemmen bis 100 A" und
DIN VDE 9100 „Mittenabstände für Sockel-Befestigungslöcher"

aufgestellt, die nachstehend bekanntgegeben werden.

Einsprüche sind bis zum 10. 10. 1936 der Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

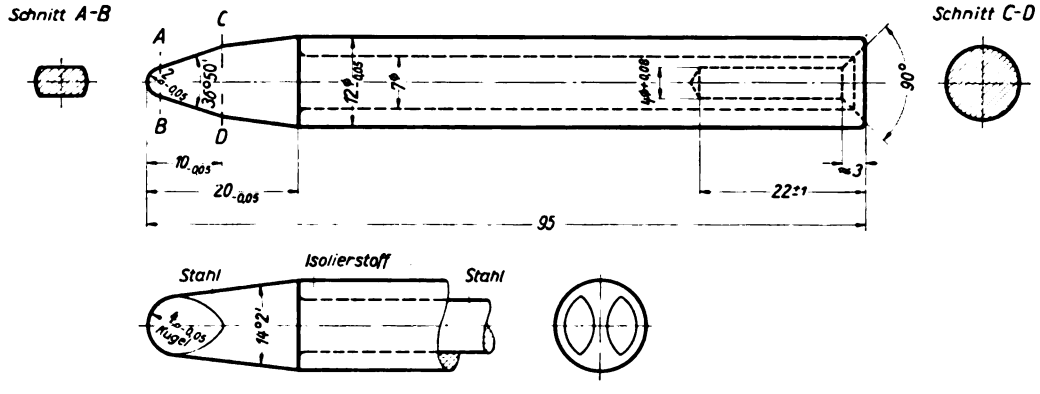
Tastfinger

zur Prüfung des Berührungsschutzes elektrischer Geräte

Elektrotechnik

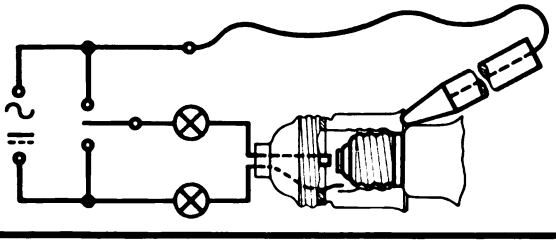
DIN
Entwurf 1
VDE 300

Maße in mm



Bezeichnung: Tastfinger VDE 300

An Stelle der Steckbuchse für die Prüfleitung kann auch Schraubanschluß vorgesehen werden.



Beispiel

für die Prüfung des Berührungsschutzes bei Glühlampenschraubfassungen.

Schaltungsbild

Die Berührung des Spannung führenden Gewindesockels darf, wie die Darstellung zeigt, mit dem Tastfinger nicht möglich sein.

September 1936. Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

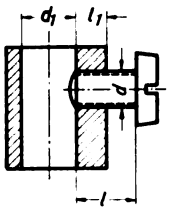
Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Anschlußklemmen
bis 100 A
Elektrotechnik

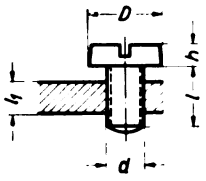
DIN
Entwurf 1
VDE 6207

Maße in mm

Buchsenklemmen
Mindestabmessungen



1 Nennstrom A	2 Gewinde der Anschlußschraube d	3 Buchsenbohrung d_1	4 Länge der Schraube l	5 Länge des Gewindes in der Buchse l_1
bis 4	M 2,6	2,4	4,5	1,8
6 u. 10	M 3	3	5	2
15	M 3,5	3,5	6	2,5
25	M 4	5	7	3
60	M 5	7	8	4
100	M 6	9	10	5



Kopfkontaktklemmen
Mindestabmessungen

1 Nennstrom A	2 Gewinde d	3 Länge der Schraube l	4 Länge des Gewindes in der Klemme l_1	5 Kopfdurchmesser D	6 Kopfhöhe h
bis 4	M 3	4	1,5	6	1,8
6	M 3,5	5	1,5	7	2,2
10 und 15	M 4	6	2,5	8	2,4
25	M 5	8	3	10	3
60	M 6	10	3,5	12	3,5
100	M 8	15	5	16	4,8

Leitungsquerschnitte
Zuordnung zu den Klemmen

1 Installationsgerät Nennstrom A	2 Querschnitt für ortsfeste Geräte mm²	3 Querschnitt für ortsveränderliche Geräte mm²
bis 4	0,75 und 1	
6	1 und 1,5	0,75 und 1
10	1,5 und 2,5	0,75 bis 1,5
15	2,5 und 4	2,5
25	6 und 10	6
60	16 und 25	16
100	35 und 50	35

Befindet sich zwischen Schraubenkopf und Leitung ein besonderes Druckstück, z. B. eine nicht drehbare Druckplatte, so ist das nächst kleinere Gewinde zulässig. Genormte Scheiben sind nicht als besondere Druckstücke anzusehen.

Werkstoff: Buchsenklemmen und Kopfkontaktklemmen: Kupfer
Kupferlegierung
Schrauben: Flußstahl
Kupfer

Schrauben: Preßblanke Zylinderschrauben nach DIN 576

September 1936. Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

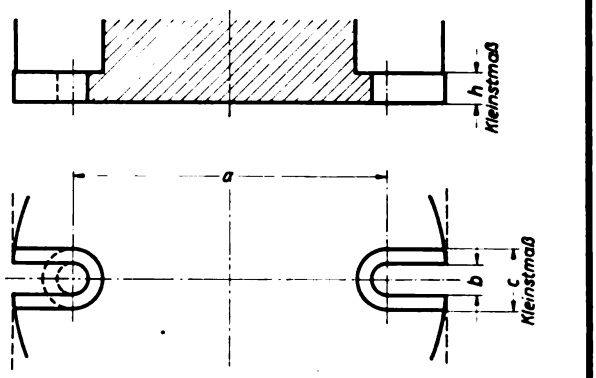
Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Installationsmaterial

Mittenabstände für Sockel-Befestigungslöcher
Richtlinien
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 9100

Maße in mm



a	b	c	h
30 ± 1,5	4 ± 0,4	8 ± 0,7	4 ± 0,4
38 ± 2	4,5 ± 0,6	8,5 ± 0,8	5 ± 0,6
45 ± 2			
52 ± 2,5	5 ± 0,6	10 ± 0,8	5 ± 0,6
60 ± 2,5			6 ± 0,6

Die eingetragenen zulässigen Abweichungen entsprechen der Grobtoleranz für keramische Isolierteile nach DIN VDE 680.

September 1936. Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Betr.: Zurückziehung von Prüfzeichengenehmigungen.

Die Prüfzeichengenehmigung wurde zurückgezogen für folgende Erzeugnisse:

1. Metallfassungen ohne Schalter der Firma Gebr. Schmidt, Hüttefabrik, für 250 V, Gew. E 27, Type „Columbus“ (Gen.-Nr. 5898),
2. Porzellandeckenarmaturen der Firma Buser & Sohn, Basel, für 250 V, Gew. E 27, Pl. Nr. 101/7 (Gen.-Nr. 151/1).

Auf den Ablauf der Genehmigungen wird hiermit besonders hingewiesen, weil dieselben der Prüfstelle trotz Mahnung nicht zurückgegeben worden sind.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein e. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Außerordentliche Gauversammlung
aus Anlaß der Funkausstellung

am Dienstag, dem 8. September 1936, 20 h, im Großen Saal des Neuen Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag

des Herrn Dipl.-Ing. W. Zumbusch, Krefeld, über das Thema:

Digitized by Google

„Neuzeitliche Dauermagnete, ihre stoffliche Eigenart, physikalische Güte und konstruktive Durchbildung".

Inhalt:

Stoffliche und qualitative Entwicklung der Dauermagnetwerkstoffe.
Steigerung der spezifischen Güte und Wirtschaftlichkeit der Dauermagnete.
Der Zusammenhang: Werkstoff-Form-magnetischer Nutzwert.

Eintritt und Kleiderablage frei.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
Vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Südbayern.

Im Verband Deutscher Elektrotechniker Gau Südbayern hielt am 8. 4. 1936 Herr Reichsbahnoberrat Michel vom Reichsbahn-Zentralamt München einen Vortrag über die neueste Entwicklung der elektrischen Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der elektrischen Fahrzeuge der Höllentalbahn[1]). Der Vortragende schilderte eingangs seiner Ausführungen die Entwicklung des elektrischen Zugbetriebes bei der Reichsbahn, der nach dem Kriege einen mächtigen Aufschwung zu verzeichnen hat; z. Z. werden rd. 2000 km Strecken mit 15 000 V und 16⅔ Hz betrieben. In der Entwicklung der elektrischen Lokomotiven wurde anfangs Antrieb mit Stangen (sogen. Stangenlokomotiven) gewählt, während heute ausnahmslos der sogen. Einzelachsantrieb angewendet wird, d. h. jede Achse wird von je einem oder zwei Motoren selbständig angetrieben. Um das gesamte Betriebsprogramm erfüllen zu können, werden z. Z. Schnellzugslokomotiven mit vier Treibachsen für 150 km/h, Schnellzugslokomotiven für leichtere Züge oder geringere Steigungen mit 130 km/h, Personen- und leichte Güterzugslokomotiven mit vier Treibachsen und 90 km/h und Lokomotiven für schwere Güterzüge mit sechs Treibachsen und 70 km/h Höchstgeschwindigkeit verwendet. Sämtliche Typen konnten zu großer Vollendung ausgebildet werden und stellen Standardausführungen dar. Die Schnellzugslokomotiven, die Leistungen bis zu 6000 PS abgeben, sind die leistungsfähigsten Lokomotiven nicht allein Deutschlands, sondern der Welt, sofern man Lokomotiven zum Vergleich heranzieht, die nur mit einem Rahmen gebaut sind. Soweit im Ausland noch weitere Lokomotiven verwendet werden, bestehen diese aus mehreren Einheiten, die zusammengekuppelt sind. Zur Zeit befindet sich eine Schnellzugslokomotive für 180 km/h in den Entwurfsarbeiten; bei dieser bereiten die Bremsfragen besondere Schwierigkeiten, da trotz dieser hohen Geschwindigkeiten die Züge innerhalb der Signalabstände von 1000 m zum Halten gebracht werden müssen. Der Vortragende wies auf die in letzter Zeit von Dampflokomotiven und Dieseltriebwagen erreichten Rekordgeschwindigkeiten von 200 km/h und darüber hin und erklärte, daß die elektrische Lokomotive wie kein anderes Fahrzeug in der Lage ist, die gleichen und wenn nötig noch höhere Geschwindigkeiten zu erreichen, daß aber von dem Bau solcher Lokomotiven und von solchen Geschwindigkeitsfahrten bis jetzt Abstand genommen wurde, da in den bisher elektrisierten Strecken Süddeutschlands und Schlesiens vom Standpunkt des Oberbaues aus keine Möglichkeit besteht, Geschwindigkeiten über 160 km/h zu fahren. Die in Entwicklung befindlichen Lokomotiven für 180 km/h sind für die spätere Elektrisierung Halle—Berlin vorgesehen. Einen breiten Rahmen in dem Vortrag nahmen die Ausführungen über elektrische Triebwagen in Anspruch. Zahlreiche Wagen wurden für 120 km/h gebaut, die auch in München verwendet werden, ferner Wagen für 160 km/h, von denen einer auf der Jahrhundertausstellung in Nürnberg zu sehen war. Schließlich sei auf die Aussichtstriebwagen hingewiesen, die in München stationiert sind und zu Gesellschaftsfahrten in das bayerische Hochgebirge besonderen Beifall finden werden. Der Bau solcher Triebwagen bereitet besondere Schwierigkeiten, weil nach den Ausführungen Herrn Michels das Hauptgewicht auf die Ausgestaltung der Räume für die Personenbeförderung zu legen ist und die Unterbringung der elektrischen Ausrüstung nicht weiter in Erscheinung treten darf. Gleichwohl dürfen hierdurch für die Unterhaltung und die Sicherheit der elektrischen Ausrüstung Nachteile nicht auftreten. Von besonderem Interesse waren schließlich die Ausführungen über die Höllentalbahn. Dort macht die Reichsbahn einen großzügigen Versuch mit der Verwendung von Einphasenwechselstrom von 50 Hz, der von dem Landesnetz des Badenwerkes entnommen wird. Die Strecke geht von Freiburg i. B. aus und verläuft nach Titisee mit Abzweigungen nach den Dreiseen und zeichnet sich durch außergewöhnliche Steigungen von 1 : 18, das sind 55 ‰, aus. Um alle Fragen, die mit der Stromversorgung von 50 Hz zusammenhängen, wissenschaftlich restlos erforschen zu können, hat die Reichsbahn vier Lokomotiven mit vier verschiedenen Systemen in Auftrag gegeben. Zwei von diesen Lokomotiven arbeiten mit Gleichrichtern, eine mit 50 Hz-Motoren und eine mit Motoren nach System Krupp. Diese Lokomotiven mit vier Treibachsen sind, wie der bisherige Probebetrieb zeigt, in der Lage, die Steilstrecken mit Zügen von 180 t mit 60 km/h zu befahren, während die vor wenigen Jahren angelieferten 5-gekuppelten Dampflokomotiven Züge von der gleichen Last nur mit 24 km/h befördern können.

[1]) Der Vortrag wird demnächst in der ETZ abgedruckt.

Sitzungskalender.

Gau Ostpreußen, Königsberg. 7. 9. (Mo), 20 h, 1. Phys. Inst. der Universität: „Aluminium in der Kabeltechnik, im Ortsnetz-Freileitungsbau und in Verteilungsanlagen". Dipl.-Ing. F. Brinkmann VDE.

Gau Halle. 14. 9. (Mo), 20 h 15 m, Phys. Inst. der Universität: „Die Wunder der unsichtbaren Lichtstrahlen". Dr. G. Wichern.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

F. Riedel †. — Im Alter von 53 Jahren starb am 7. 8. Herr Dr.-Ing. Friedrich Riedel, Geschäftsführer des Hauses der Technik in Essen. Nach vielseitiger erfolgreicher Tätigkeit als Maschinen- und Hütteningenieur hat Herr Dr. Riedel von 1933 an als Direktor und Geschäftsführer das Haus der Technik geleitet und durch seine tatkräftige Führung die technisch-wissenschaftliche Arbeit im Ruhrgebiet maßgebend gefördert.

H. Roscher †. — Am 25. 8. 1936 starb Herr Dir. Heinrich Roscher im Alter von 78 Jahren. Mit ihm ist einer der ältesten Pioniere der Elektrizitätsversorgung dahingegangen. Von der Eröffnung des Elektrizitätswerkes Dessau an (19. 9. 1886) war Herr Roscher bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand (1926) Leiter dieses Werkes. Die Anregung zum Zusammenschluß der Elektrizitätswerke ging 1891 von ihm aus, und er kann somit als Begründer der Vereinigung der Elektrizitätswerke (heute: Reichsverband der Elektrizitäts-Versorgung) angesehen werden, die ihn 1917 zum Ehrenmitglied machte[1]).

H. Jordan. — Am 15. 8. konnte Herr Dr. phil. Hans Jordan VDE auf eine 25jährige Zugehörigkeit zur AEG zurückblicken. Dr. Jordan ist Vorstand des Fernsprechlaboratoriums und Chefelektriker und hat maßgebend an der Entwicklung der Fernkabeltechnik seit ihren Anfängen teilgenommen. Die Einführung der Pupinspulen in der AEG, Fortschritte der Verstärkertechnik und vor allem die Untersuchung der ferromagnetischen Konstanten sind einige kennzeichnende Beispiele der fruchtbaren Tätigkeit Dr. Jordans.

[1]) Werdegang und Verdienste des Verstorbenen würdigten wir eingehend in ETZ 47 (1926) S. 570.

Digitized by Google

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Lärm. Die Grundtatsachen der Schalltechnik. Lärmstörungen. Lärmschutz. Von Prof. Dr. H. Wigge. Mit 102 Abb. u. 81 S. im Format A 5. (Bibl. d. ges. Technik Bd. 424.) Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1936. Preis kart. 3,60 RM.

Der Verfasser leistet den Bestrebungen zur Lärmbekämpfung einen großen Dienst, daß er in derartiger Kürze die hier in Frage kommenden Hauptprobleme leicht faßlich und auch verhältnismäßig preiswert darstellt. Das Heft ist flüssig geschrieben. Die Unterteilung des Stoffes ist durch die Untertitel bereits ausgedrückt. Nach einem kurzen Eingehen auf die mechanischen und Schallschwingungen werden die Lärmstörungen behandelt. Hier wird ein Überblick über den augenblicklichen Stand der Hörforschung gegeben, weil das Ohr eigentlich der oberste Richter in den Fragen der Störungen durch Lärm ist. Der abschließende Absatz über Lärmschutz weist auf die grundlegenden Möglichkeiten hin. Weiterführende und spezielle Arbeiten sind in einem Schrifttumverzeichnis angegeben. Die Zuverlässigkeit der Angaben ist allerdings an mehreren Stellen durch das Streben nach Allgemeinverständlichkeit beeinträchtigt. Auch sei noch darauf hingewiesen, daß bei dem meist äußerst kleinen Wirkungsgrad der Schallerzeugung beim Auftreten von Lärm nicht immer mit Recht von einer Energieverschleuderung gesprochen werden kann. Nur wegen der überaus hohen Ohrempfindlichkeiten empfinden wir Schalleistungen von µW und mW als lästig. E. Lübcke.

Méthode Générale de Calcul des Réseaux Electriques Maillés en Rég. Equilibrés et Déséquilibrés. Von Dr. Ch. Lavanchy. Mit 51 Abb., VI u. 134 S. im Format 140 × 210 mm. Verlag Dunod, Paris 1936. Preis geh. 34 Fr., geb. 43 Fr.

Vermaschte Netze waren zur Zeit der Vorherrschaft des Gleichstromes allgemein üblich. Mit dem Übergang auf Drehstrom wurden offene Netzsysteme bevorzugt, weil sie im Betriebe einfacher und der genauen Berechnung leichter zugänglich waren. Erst die neuere Zeit fand technische Vorteile im starren Maschennetz, sowohl in bezug auf Betriebszuverlässigkeit als in bezug auf Wirtschaftlichkeit. Um nun dem Ingenieur das geeignete Rüstzeug zu geben, vermaschte Netze zu berechnen, hat der Verfasser, auf Arbeiten der Amerikaner u. a. und auf eigenen Arbeiten fußend, ein geeignetes Verfahren entwickelt.

Im ersten Teil der Arbeit werden Maschennetze für Drehstrom mit gleichbelasteten Phasen behandelt. Es folgt dann die Berechnung von Fehlerströmen und ungleichen Belastungen. Der Schluß enthält mehrere Rechnungsbeispiele, die dem Ingenieur, der das Verfahren benutzen will, sehr willkommen sein werden. — Es wäre vorteilhaft bei einigen der erforderlichen Entwicklungen, wenn nicht nur auf frühere Arbeiten verwiesen wäre, sondern auch die Entwicklung selbst gegeben wäre, damit das Werk in sich geschlossen für den gewünschten Zweck dienen kann und man nicht gezwungen wird, sich das fehlende Schrifttum aus Zeitschriften und anderen Werken zusammenzusuchen. — Das Verfahren ist genau, bis auf die sich durch die Berücksichtigung der tatsächlichen Spannungen in den einzelnen Netzteilen ergebenden Änderungen der Belastungsströme und der damit bestimmten Scheinwiderstände. Bei genaueren Berechnungen muß man aber nochmals alles mit korrigierten Werten rechnen. — Das Verfahren beruht in der Hauptsache auf der schrittweisen Vereinfachung des Netzes in ein ganz einfaches Gebilde, das der Berechnung ohne weiteres zugänglich ist (Umformung von Dreieck- in Sternschaltung, Verwandlung von Polygonschaltungen in Sternschaltungen nach Rosen u. dgl.). — Für ungleiche Belastungen wird mit symmetrischen Komponenten in bekannter Weise gerechnet. Vorteilhaft ist die einfache Darstellung der Vektorgrößen nach Kennelly durch Vektoren und Argumente. Weniger schön wirkt die Benennung von Leitfähigkeiten nach Mhos! Warum wählt man nicht die Siemens-Einheit? Eigennamen kann man nicht umdrehen.

Es werden einige Zusammenstellungen von Zahlenwerten für Scheinwiderstände gegeben, die aber ausführlicher sein sollten. Z. B. für Turbogeneratoren wird der synchrone Scheinwiderstand mit 120 bis 200 % angegeben. Damit läßt sich jedoch schwer etwas anfangen. Die Beispiele behandeln verhältnismäßig einfache Netzgebilde. Man erkennt, daß verwickeltere und größere Netze sehr viel Rechnungsarbeit erfordern. Immerhin ist das Werk nützlich, um sich mit der Berechnung von Maschennetzen vertraut zu machen. O. Burger VDE.

Funktechnik. I.: Allgemeine Einführung m. bes. Berücks. des Rundfunks. Von Prof. I. Herrmann. 3. neubearb. Aufl. Sammlung Göschen. Mit 146 Abb., IV u. 144 S. im Format 105 × 160 mm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1936. Preis geb. 1,62 RM.

In dem knappen und klaren Stil der Göschenbändchen bringt der Verf. eine allgemeine Einführung, die natürlich den Rundfunk besonders berücksichtigt. Der erste Teil behandelt die elektrischen Schwingungen und die elektromagnetischen Wellen, der zweite die Glühkathodenröhren, der dritte den Funkbetrieb und der vierte als Anhang Tafeln und dergl. Das Büchlein wendet sich an den gebildeten Laien und enthält daher nur wenig Formeln, aber auch der Techniker und Ingenieur wird es mit Gewinn lesen, ehe er zu schwierigeren Werken greift. Von Kleinigkeiten abgesehen ist der Inhalt erstaunlich reich und vollständig. Karl Mühlbrett VDE.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Deutsche Physik in vier Bänden. Von Ph. Lenard. Bd. 1. Einleitung und Mechanik. Mit XV und 249 S. in B 5 und 113 Abbildungen. J. F. Lehmanns Verlag München 1936. Preis geh. 8,80 RM, geb. 10 RM.

Les Communications Radio Electriques. Von Henri de Bellescize. Bd. 2. Mit 218 S. in B 5 und 139 Abb. Verlag Gauthier-Villars, Paris 1936. Preis geh. 20 Fr.

Inhaltsverzeichnis der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1931—1935. Band 75 bis 79. Mit 138 S. in A 4. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 8 RM.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (DLTG), Berlin. 24. bis 27. 9. (Do bis So), Frankfurt a. M.: Reichstagung der deutschen Lichttechniker (24. Hauptversammlung) mit zwei Hauptvorträgen von Prof. Dr. Quasebart und Prof. Dr. Meisner über die Bedeutung des Lichtes und der Beleuchtung vom entwicklungsgeschichtlichen und kulturpolitischen Standpunkt aus, sowie verschiedenen Fachvorträgen, verbunden mit der Festveranstaltung „Die Wissenschaft im Dienste des schaffenden Menschen". Uraufführung des Kultur-Tonfilms „Licht" durch das Reichsamt für Schönheit der Arbeit.

Deutscher Physiker- und Mathematikertag. Berlin. 13. bis 19. 9. (So bis Sa), Bad Salzbrunn: „12. Deutscher Physiker- und Mathematikertag". 1. Hauptthema „Geometrische Elektronenoptik". Leiter: H. Busch und E. Brüche. 2. Hauptthema: „Akustik". Leiter: E. Meyer und E. Waetzmann. Auskunft und Anmeldung bei Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Scheel, Berlin-Dahlem, Habelschwerdter Allee 28.

Berichtigung.

Zu dem Aufsatz „Tragbare Bildsender" in der ETZ 57 (1936) H. 32, S. 905 ist nachzutragen, daß der tragbare Bildsender gemeinsam mit dem Reichspostzentralamt von der Siemens & Halske AG. entwickelt wurde.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955.56.

Abschluß des Heftes: 28. August 1936.

Für den Textteil verantwortlich in Vertretung Hans Winkler VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 10. September 1936 | Heft 37

Stromwender- und Bürstenpflege.

Von Alfred Schliephake VDE, Gießen.

621. 313. 047. 004. 5

Übersicht. Der einwandfreie Betrieb elektrischer Maschinen erfordert guten Zustand des Stromwenders, bzw. der Ringe, der Bürsten und Bürstenhalter. Der Aufsatz will auf die Bedeutung regelmäßiger Wartung und rechtzeitiger Instandsetzung hinweisen und die hierzu notwendigen Arbeiten angeben.

Wie alle Maschinenteile, so benötigen auch Stromwender (Kommutatoren), Schleifringe, Bürstenhalter und Bürsten elektrischer Maschinen eine gewisse Pflege und Wartung. Wenn diese im laufenden Betrieb auch nur geringen Aufwand erfordert, so darf sie nicht ganz unterbleiben. Ihre Vernachlässigung kann zu schweren Maschinenschäden führen, die nur durch kostspielige und zeitraubende Arbeiten wieder zu beseitigen sind. In vielen Fällen ist es durch rechtzeitig ergriffene kleine Maßnahmen möglich, Kosten und Störungen zu vermeiden. Ohne weiter auf die Ursachen der einzelnen Schäden einzugehen, soll im folgenden ein Überblick über die Wartungsarbeiten gegeben werden. Dabei gilt das für Stromwender Gesagte sinngemäß auch für Ringe.

Der Stromwender einer elektrischen Maschine muß daraufhin beobachtet werden, ob er gut rund läuft oder ob Unrundheiten oder vorstehender Glimmer zum Funken der Bürsten Veranlassung geben. Seine Oberfläche soll eine dunkelbraune Farbe und gute Politur besitzen und darf nicht verschmiert oder riefig sein. Ein Fetten der Stromwender ist im allgemeinen nicht notwendig und sollte nach Möglichkeit vermieden werden. Wenn eine Bürstenqualität zum Einlaufen ein Fettungsmittel benötigt, werden die Bürsten schon in der Fabrik damit getränkt. Läßt sich ein nachträgliches Schmieren nicht vermeiden, so darf es nur in geringem Maße erfolgen, indem man den Stromwender mit einem paraffinbestrichenen Lappen überfährt. Bei zu reichlicher Fettung besteht die Gefahr, daß sich eine zähe Schicht auf der Lauffläche bildet, die dann erst recht durch Erhöhung der Übergangsspannung und der Reibung zum Funken der Bürsten führt. Auch Rundfeuer kann auftreten, wenn das mit Kohleteilchen vermischte Fett die Stegisolation überbrückt.

Der Einfluß von Lauge- und Säuredämpfen, die manchmal recht störend wirken können, ist in der Regel nur durch häufiges Fetten einzuschränken. Ist durch Öl oder Dunst der Stromwender verschmutzt, so wird er mit einem petroleumgetränkten Lappen gereinigt. Gegebenenfalls müssen die Nuten der Stegisolation mit einem schmalen Holzstäbchen gesäubert werden. Sogenannte Kollektorreinigungsmittel bestehen vielfach aus einem leicht verdunstenden Lösungsmittel mit einem geringen Zusatz von Öl. Es löst den anhaftenden Schmutz und ölt gleichzeitig die Lauffläche.

Zum Säubern hat sich ein aus vielen dünnen Glasfäden bestehender Pinsel gut bewährt. Unzweckmäßig ist es, den Stromwender mit Schmirgelpapier zu reinigen. Der Schmirgel zerstört die so wertvolle Oxyd- und Kohleschicht, die, härter als das blanke Kupfer, einen wichtigen Schutz für dieses bildet. Außerdem können Schmirgelkörnchen, die unter die Bürsten gelangen, den Stromwender aufrauhen und Riefen hervorrufen. Riefenbildung kann ferner durch zu weiches Kupfer oder durch ungeeignete Bürsten verursacht werden. Nach DIN VDE 500 soll die Brinellhärte des Stegkupfers über 80 betragen.

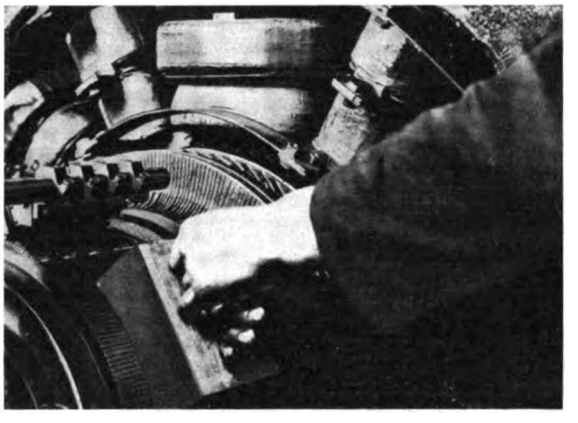


Abb. 1. Abschleifen eines Stromwenders von Hand.

Bei Kohlebürsten ist die Härte hierfür nicht maßgebend, denn manche weiche Bürstensorten aus Naturgraphit neigen mehr zur Riefenbildung als „harte" Kohlebürsten. Auch staubige Kühlluft kann sie verschulden[1]). Deshalb ist auf Zufuhr reiner Luft zu achten und gegebenenfalls ein Filter einzubauen. Auf die Bedeutung der Härte des Kupfers für die Festigkeit von Stromwendern wies vor kurzem Erfurth hin[2]). Auf diese innere Härte des Kupfers hat die Wartung keinen Einfluß, und wenn durch zu geringe Festigkeit des Kupfers die Stromwenderstege trotz Nachziehens der Bolzen immer wieder lose werden, bleibt nur eine Neubelegung übrig.

Bei einem in sich festen Stromwender, der einzelne Unrundheiten oder verschobene Stege zeigt, kann die schadhafte Stelle durch Abschleifen mit einem weich gebundenen Stein beseitigt werden. Dieser wird mit der Hand bei voller Drehzahl der Maschine an den Stromwenderumfang gedrückt und hin und her geschoben (Abb. 1). Durch eigenen Verschleiß paßt er sich von selbst dem Krümmungsradius an. Derartige Steine schleifen sich schnell ab. Dies muß in Kauf genommen werden, da sich bei zu fest gebundenen Steinen die Schleiffläche voll Kupferteilchen setzt und die zu schleifende Fläche aufreißt. Um die beschädigte Stelle nicht noch mehr zu vertiefen, muß der Stein in Umfangsrichtung größer, min-

[1]) Zilken, ETZ 54 (1933) S. 1229.
[2]) Erfurth, Helios 41 (1935) S. 1445.

Digitized by Google

destens doppelt so groß wie die Breite der schadhaften Stelle sein. Vor jedem Abschleifen oder Abdrehen empfiehlt es sich, die Stromwenderbolzen nachzuziehen, nicht übermäßig, da dies den Stromwender beschädigen kann.

Damit keine Schleifkörner oder Drehspäne in die Wicklungen oder zwischen die Stromwenderfahnen gelangen können, müssen diese soweit wie möglich vorher abgedeckt werden. Bei dem nachfolgenden Ausblasen der Maschine ist darauf zu achten, daß der Staub nicht in die Wicklung geblasen wird. Sind die schadhaften Stellen sehr breit oder ist der Stromwender stark unrund, ist ein Abdrehen oder Abschleifen mit festgeführtem Stein nicht zu vermeiden. Es kann sowohl auf einer Drehbank als auch in der Maschine geschehen. Beim Abdrehen auf einer Drehbank wird mit einem Vorschub von 0,05 bis 0,1 mm je Umdrehung und einer Umfangsgeschwindigkeit gearbeitet, die bei Kupfer 30 bis 50 m/min, bei Bronze 20 bis 30 m/min und bei Gußeisen 12 bis 16 m/min beträgt[3]).

Um das zeitraubende und umständliche Aus- und Wiedereinbauen des Ankers einer Maschine zu vermeiden, wird häufig das Nachdrehen oder Nachschleifen des Stromwenders in der Maschine selbst vorgenommen. Bei größeren Maschinen wird im allgemeinen eine besondere Abdrehvorrichtung, die an die Grundplatte angeschraubt werden kann, mitgeliefert. Beim Abdrehen muß das seitliche Wellenspiel beseitigt werden. Will man mit einem gewöhnlichen Drehstahl abdrehen, so muß auch ein Generator einen Hilfsantrieb erhalten, da die normale Umfangsgeschwindigkeit zu hoch ist. Beim Abdrehen mit Widiastahl und Diamanten kann dagegen die gewöhnliche Drehzahl beibehalten werden. Soll bei Widiastahl eine glänzende Fläche erzielt werden, dann muß die Schneide geläppt sein. Mit Diamanten lassen sich hochglänzende Schnitte erzielen[4]), die keinerlei Nachbearbeitung erfordern und hohe Schnittgeschwindigkeiten von 500 bis 2000 m/min zulassen. Hierbei muß ein geringer Vorschub von rd. 0,15 mm bis 0,04 mm je Umdrehung und kleine Spandicke von 0,3 bis 0,9 mm angewendet werden. Der letzte Schnitt wird mit noch geringerer Spandicke von etwa 0,04 mm ausgeführt, so daß eine hochglänzende Oberfläche entsteht. Das Abdrehen mit Diamanten ist besonders vorteilhaft, denn die Stegkanten bleiben glatt und brauchen nicht nachgearbeitet zu werden. All den Vorteilen des Diamantenwerkzeuges stehen als Hauptnachteile sein hoher Preis und eine gewisse Empfindlichkeit in der Behandlung gegenüber. Durch besondere Fassungen ist die Gefahr einer Beschädigung stark verringert. Bei Diamanten mit mehreren Schneidkanten erlauben Visierkappen[5]), den Schneiden den richtigen Anstellwinkel zu geben.

Wenn kein Diamantenwerkzeug zur Verfügung steht, wird das Schleifen dem Abdrehen mit gewöhnlichem Stahl vielfach vorgezogen, da es bei normaler Drehzahl und schneller als das Drehen ausgeführt werden kann. Man verwendet hierzu feststehende und umlaufende Steine. Ein umlaufender Stein muß dem Stromwender entgegen und mit möglichst hoher Umfangsgeschwindigkeit laufen. Beim Schleifen mit feststehendem Stein wird dieser mit breiter Fläche an Stelle des Stahls in einen Support eingespannt. Ein anderes Verfahren (Norell) besteht darin, das Anpressen des Steines durch eine kleine Drehbewegung zu bewirken. Abb. 2 zeigt ein solches Gerät beim Schleifen eines Stromwenders von 450 mm Breite. Gegenüber dem Abdrehen ist der große Verschleiß der Steine und die große Staubmenge nachteilig. Um zylindrische Flächen zu erhalten, werden lange Steine verwendet, die fast so lang wie der Stromwender sind. Zum Vor- und Nachschleifen werden zwei Körnungen gebraucht. Es empfiehlt sich, mit einem Bimsstein nachzuschleifen, und zwar mit Kunstbimsstein, da Naturbimsstein harte Einschlüsse besitzt. Das starke Stauben des Steines läßt sich durch Tränken mit Petroleum vermindern, wodurch auch eine gute Politur erzielbar ist.

Das Nachpolieren kann auch mit Schmirgelpapier mit immer größer werdender Feinheit ausgeführt werden, das mit einem auf den genauen Durchmesser des Stromwenders ausgedrehtem Stück Holz angepreßt wird. Unter dem Papier darf keine elastische Unterlage oder weitere Papierlage liegen, da sonst die Stegkanten weggeschliffen werden, was zu Funkenbildung Veranlassung gibt. Das Abschmirgeln des Stromwenders muß im kalten Zustand erfolgen. Andernfalls tritt infolge der größeren Ausdehnung des Kupfers die Glimmerisolation bei kalter Maschine über die Stromwenderfläche.

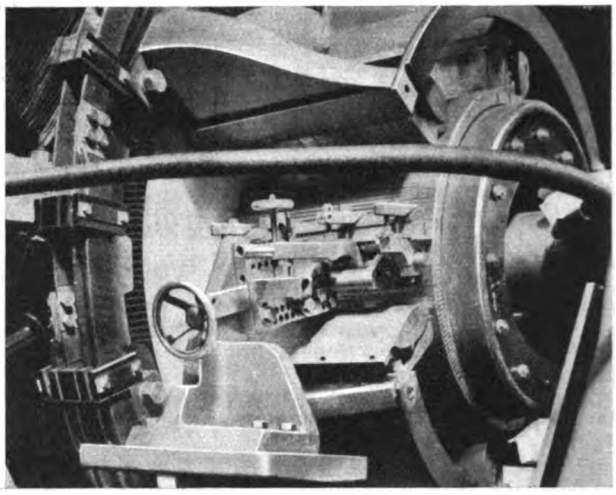


Abb. 2. Abschleifen eines Stromwenders mit feststehendem Stein mit dem Gerät von Norell.

Größere Schäden an Stromwendern, die eine richtiggehende Wiederherstellung erfordern, sollen hier nicht behandelt werden.

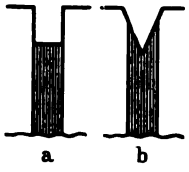


Abb. 3. Ausfräsung der Stegisolation.

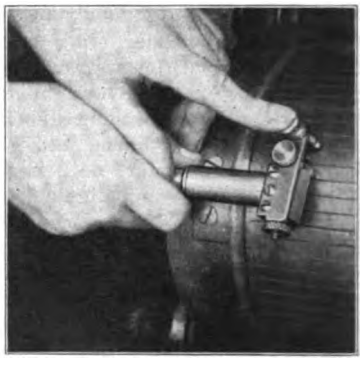


Abb. 4. Glimmerfräser.

Die neuere Entwicklung der Kohlebürsten hat immer mehr die elektrographierten Marken in den Vordergrund gerückt. Diese Bürsten haben durch ihren gleichmäßigen Aufbau unter anderem die Eigenschaft, den Stromwender nicht anzugreifen und ihn mit einer schützenden Graphitschicht zu überziehen. Durch ihre geringe schleifende Wirkung sind sie aber nicht imstande, die Glimmerisolation mit der Stromwenderoberfläche bündig zu halten, so daß ein Ausmeißeln, Ausschaben oder Ausfräsen der Stegisolation erforderlich wird. Auch bei anderen Bürstenqualitäten, die an sich imstande wären, den Glimmer mit abzuschleifen, empfiehlt es sich, die Stegisolation auszukratzen. Der Verschleiß der Bürsten wird hierdurch im allgemeinen bedeutend herabgesetzt. Darüber, ob es zweckmäßiger ist, die Nut rechteckig (Abb. 3 a) oder spitz zu fräsen, gehen die Ansichten auseinander. Die spitze Form (Abb. 3 b) hat den Vorteil, daß der Kriechweg zwischen den Stegen vergrößert wird. Um sicher zu

[3]) Spieser: Krankheiten elektr. Maschinen, Berlin: Springer 1932.
[4]) Brauner, ETZ 55 (1934) S. 139.
[5]) ETZ 55 (1934) S. 140.

Digitized by Google

verhindern, daß noch Glimmer bis zur Schleiffläche ragt, müssen hier die Stegkanten mit abgefräst werden. Es erscheint daher richtiger, den Glimmer in seiner ganzen Dicke zu entfernen, so daß eine rechteckige Nut entsteht (Abb. 3 a). Tiefer als 2 mm auszuschaben, empfiehlt sich nicht, da sich sonst die Nuten voll Kohlestaub und Schmutz setzen, wodurch Rundfeuer und Verbrennungen der Glimmerisolation entstehen können. Aus demselben Grunde ist es nicht empfehlenswert, einen Stromwender mit ausgekratzter Glimmerisolation zu fetten.

Das Entfernen des Glimmers kann man auf verschiedene Weise vornehmen. Ausmeißeln mit einem schmalen, kleinen Meißel ruft leicht tiefergehende Risse und Sprünge im Glimmer hervor. Aussägen mit einem einfach gefaßten Sägeblatt vermeidet diesen Fehler. Mühsam und zeitraubend bleibt das Ausschaben des Glimmers nach beiden Verfahren. Man verwendet daher vielfach eine elektrische Handfräsmaschine. Ein kleiner Motor treibt entweder über eine biegsame Welle oder ein Winkelgetriebe (Abb. 4) das Fräsblatt an. Letztere Bauart erlaubt ein bequemes Arbeiten auch zwischen den Halterbolzen. Um ein Eindringen des entstehenden Staubes in die Wicklung zu vermeiden, werden Absaugvorrichtungen benutzt. Das Ausschaben oder Ausfräsen wird vor dem Abdrehen oder Abschleifen ausgeführt. Zuletzt werden die Stegkanten mit einer Dreikantfeile gebrochen. Um keinen Schluß zwischen den einzelnen Stegen durch Schmutz oder Kohleteilchen auftreten zu lassen, können die Nuten lackiert oder mit sog. Stromwenderzement ausgefüllt werden.

Der Bürstenhalter soll die Bürste mit passendem Anpressungsdruck an einer bestimmten Stelle wider den Stromwender drücken. Damit er dieser Aufgabe gerecht werden kann, muß er richtig aufgesetzt sein. Der Abstand Halterunterkante von dem Stromwender wird möglichst klein, etwa 1,5 mm, gewählt. Er läßt sich durch Zwischenlegen eines Stückes Pappe bei allen Haltern leicht gleich groß machen. Bei noch kleinerem Abstand wäre ein Einschleifen der Bürsten mit Schmirgelpapier nicht möglich, bei einem größeren klemmt die Reibungskraft die Bürste im Halter fest, was zu Funkenbildung führt. Die Bürstenkanten müssen, wenn die Bürsten nicht besonders gestaffelt sind, eine Gerade in Achsrichtung bilden. Der Abstand auf dem Umfang von Bürstenkante zu Bürstenkante muß zwischen allen Polen genau gleich sein, da sonst große Ausgleichströme und Funkenbildung auftreten. Er läßt sich leicht mit einem Papierstreifen nachprüfen.

Um einen gleichmäßigen Verschleiß des Stromwenders zu erhalten, versetzt man in Achsrichtung die Bürsten der einzelnen Polpaare gleichmäßig gegeneinander. Die positiven und negativen Bürsten eines Polpaares müssen genau hintereinanderlaufen (Abb. 5). Die Zwischenräume zwischen den Haltern sind wegen der Kühlung nicht zu klein zu machen. Im allgemeinen läßt sich die Anordnung der Bürsten nicht so wählen, daß jede Rippenbildung verhindert wird[6]). Während Radialhalter für wechselnde Drehrichtung verwendet werden können, sind Reaktions- und Schräghalter (Abb. 6) nur für eine Drehrichtung geeignet, und zwar muß der Stromwender gegen die spitze Kante der Bürsten laufen. In der entgegengesetzten Richtung wird durch die Keilwirkung die Reibung vergrößert.

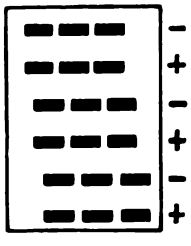


Abb. 5. Staffelung der Bürsten.

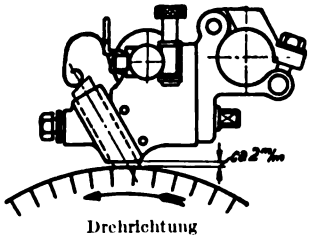
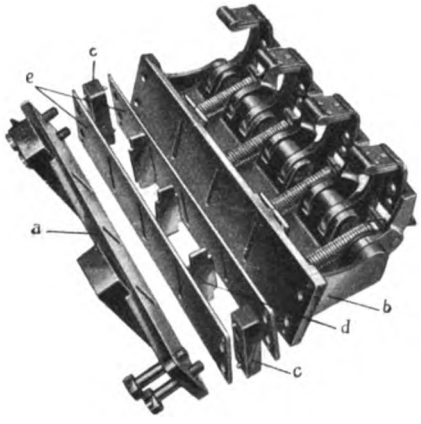


Abb. 6. Reaktionshalter.

[6]) Nierhoff, Ringsdorff-Mitt. (1924) H. 3, S. 2.

Obgleich die Teile eines Bürstenhalters scheinbar keine Bewegung ausführen, unterliegen Gelenke, Druckfinger und Haltertasche allmählich doch einem gewissen Verschleiß infolge der vielen kleinen Stöße, die durch das Auflaufen der Bürste auf die Stege und durch etwaige Unrundheiten des Stromwenders hervorgerufen werden. Je nach seinem Zustand können die Stöße sehr verschieden stark sein. Auf Grund der gemachten Erfahrungen wurden in den Normen (DIN VDE 2900) das größte und kleinste Spiel, das eine Bürste in einem Halter haben soll, festgelegt. Es beträgt für Bürsten von 5 bis 16 mm Breite 0,3 bzw. 0,1 mm und für Bürsten über 16 mm Breite 0,4 bzw. 0,15 mm. Bei einem „ausgeschlagenen" Halter besitzt die Bürste keine richtige Führung mehr und wird durch den wechselnden Reibungszug hin und her geworfen. Dies hat Funken der Bürsten und erhöhten Verschleiß zur Folge. Besonders deutlich kann das durch den mit dem Kleinerwerden der Bürsten immer größer werdenden Kippwinkel bei Umkehrmotoren in Erscheinung treten[7]). In diesem Falle müssen die Halter erneuert werden. Nur bei den wertvollen Haltern von Bahnmotoren, bei denen sich durch Staub, Schienenstöße usw. auch der Verschleiß schneller geltend macht, lohnt es sich, Halter zum Auswechseln einzelner Teile zu bauen. So werden von verschiedenen Firmen Halter hergestellt, die erlauben, die Haltertaschen auszuwechseln oder, was einen noch kleineren Aufwand bedeutet, nur die aus glatten Blechen gebildeten Seitenwände zu ersetzen[8]) (Abb. 7).



a Flanschteil zur Befestigung des Halters an der Brücke
b Federkasten mit den Druckfingern
c Abstandstücke
d Trennstege
e Bürstenführungswände, die nach Verschleiß ersetzt werden können

Abb. 7. Bahnbürstenhalter mit auswechselbaren Führungsblechen.

Der Anpressungsdruck aller Bürsten muß gleich sein, damit eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung gewährleistet ist. Halter mit Feineinstellung (siehe z. B. Abb. 6) erlauben genaues Gleichmachen des Druckes. Bei Rasteinstellung kann der Druck nur stufenweise geändert werden. Der höchste Unterschied im Druck soll nicht mehr als 10 % betragen. Auch bei Haltern, die so gebaut sind, daß der Druck während der ganzen Lebensdauer der Bürste annähernd gleich bleibt, empfiehlt sich die Nachprüfung des Druckes, da einzelne Federn im Laufe der Zeit ermüdet sein können. Als zweckmäßig hat sich unter gewöhnlichen Umständen für schwarze Bürsten bei feststehenden Maschinen ein Bürstendruck von 150 g/cm², bei Kran- und Bahnmotoren von 200 bis 300 g/cm² erwiesen. Bei Bronzekohlen dagegen müssen wegen der größeren Masse der Bürste schon 200 g/cm² bei feststehenden Maschinen angewendet werden. Ist das meist aus Isolierstoff hergestellte Druckstück verbraucht, muß es ersetzt werden, damit die Feder und die Gelenke durch den Stromdurchgang nicht notleiden.

Bei den Bürsten selbst ist darauf zu achten, daß verschiedene Arten, die gleichzeitig auf demselben Ring oder Stromwender sitzen, nicht richtig arbeiten, da durch die verschiedene Übergangsspannung die Stromverteilung sehr ungleich wird. Die Kohlebürsten werden in manchen Betrieben mittels Kunstbimssteins, der auf den Stromwender gehalten wird, eingeschliffen. Die Stromwenderpolitur wird vernichtet, und der feine Bimssteinstaub setzt

[7]) ETZ 54 (1933) S. 230.
[8]) Schunk, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 256.

Digitized by Google

sich in die Laufflächen der Bürsten. Wicklung, Halter und Bürsten müssen nachher sorgfältig von dem Staub gereinigt werden, wodurch der Zeitgewinn wieder verlorengeht. Am zweckmäßigsten erscheint immer noch das Einschleifen der Bürsten mittels Schmirgel- oder Glaspapier mittlerer Körnung (etwa Nr. 70 bis 80). Das Papier muß immer fest um den Stromwender liegen, damit es sich beim Hin- und Herziehen vor den Bürstenkanten nicht bauscht und die Bürstenkanten nicht wegnimmt (Abb. 8). Man

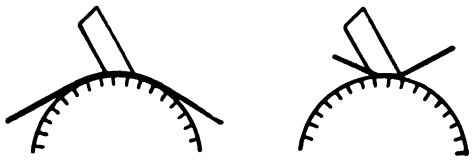


Abb. 8. Einschleifen der Bürsten.

kann auch auf einer besonderen Vorrichtung einschleifen, die aus einem Ring mit Stromwenderdurchmesser und einem passend aufgebauten Bürstenhalter besteht. Die Bürstenhersteller liefern die Bürsten auch mit entsprechend ausgehöhlter Lauffläche, was eine große Erleichterung beim Einschleifen bedeutet. Einzelne Bürsten können uneingeschliffen nachgesetzt werden, besonders wenn ihre Laufflächen reichlich mit zueinander senkrechtstehenden Schlitzen, einer sog. Waffelung, versehen sind. Derartig vorgerichtete Bürsten schleifen sich bedeutend leichter ein[9]).

[9]) J. Kozisek u. R. Feichtinger, Helios 36 (1930) S. 731; Siemens-Z. 9 (1929) S. 206.

Kohlebürsten sollen auf dem Stromwender eine gute Politur erzeugen. Je nach der Bürstenqualität wird im allgemeinen eine dunkelbraune Farbe als günstig betrachtet. Bei Wechselstrom-Kommutatormaschinen findet man auch grauschimmernde bleifarbene Stromwenderfarbe, ohne daß hieran Anstoß zu nehmen wäre. Bestimmte Normen lassen sich hierfür nicht aufstellen. Letzten Endes muß der Versuch entscheiden. Ganz falsch ist es, durch häufiges Abschmirgeln den Stromwender blankhalten zu wollen. Bei größeren Bürstenquerschnitten bewährt es sich recht gut, die Bürsten am besten schräg zu schlitzen. Eine Kupferperle oder ein Sandkörnchen kann dadurch schneller von der Bürstenfläche frei werden. Für den einwandfreien Lauf der Bürsten spielt nicht nur der Staub- und Säuregehalt, sondern auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine große Rolle. So wurde beobachtet[10]), daß bei Absinken der Feuchtigkeit unter etwa 3 g/m³ ganze Bürstensätze innerhalb einer Stunde verschlissen. Befeuchtung der Luft konnte diese Störungen verhindern.

Durch die Aufzählung der Maßnahmen zur Pflege und Instandsetzung könnte es scheinen, als ob der Stromwender besonders viel Arbeit erfordere. Dem ist jedoch nicht so, die meisten Maschinen haben, sofern sie sonst in Ordnung sind, hierfür nur geringe Wartung nötig.

Zusammenfassung.

Die in den verschiedenen Fällen notwendigen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an Stromwendern, Bürstenhaltern und Bürsten werden beschrieben.

[10]) E. F. Bracken, Electr. Wld., N.Y., 102 (1933) S. 410.

Der Anstieg der wiederkehrenden Spannung nach Kurzschlußabschaltungen im Netz.

Von **Georg Hameister VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 1028.)

621. 316. 064. 3

Der Spannungsanstieg.

Abb. 9 enthält gemessene Grundfrequenzen von Drosselspulen und Umspannern. Man erkennt an der hyperbelartig verlaufenden Abnahme[15]) der Frequenz mit der Nennspannung, daß sie der Nennspannung etwa umgekehrt proportional ist. Dies läßt sofort vermuten, daß der zugehörige Spannungsanstieg unabhängig von der Nennspannung sein wird. Er ist hauptsächlich durch die Eigenfrequenz f_e und den Spannungsabfall des Kurzschlußstromes in den Drosselspulen und großen Umspannern bedingt. Der Spannungsabfall liegt in der Regel erheblich unter 100 %. Kleinere Umspanner und hochohmige Drosselspulen an einem starken Netz haben größere Spannungsabfälle bis zu fast 100 %, aber niedrige Eigenfrequenzen; sie brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Die Anstiegsgeschwindigkeit der wiederkehrenden Spannung kann man bei einem Leistungsfaktor des Kurzschlußkreises $\cos\varphi \leqq 0{,}15$ für den erstlöschenden Leiter nach Abb. 10 ausdrücken durch

$$\delta = 4\, f_e\, \alpha\, 1{,}5\, U_{st}\, 10^{-6} \text{ in V/}\mu\text{s}.$$

U_{st} bedeutet die Sternspannung. Der Faktor 1,5 berücksichtigt die Spannungsverlagerung des erstlöschenden Poles. $\alpha\, U_{st}$ stellt den Spannungsabfall des Kurzschlußstromes im Umspanner oder in der Drosselspule dar. In dieser Form ist der Einfluß des Spannungsrestes $1 - \alpha$ vernachlässigt. Er schwingt im Netz in der Regel mit erheblich kleineren Frequenzen ein, da er auf Leitungen usw. entfällt.

[15]) Der Verlauf läßt sich recht zuverlässig aus den verhältnismäßig wenigen Messungen ermitteln, weil die Messungen gut mit den aus den Kapazitäten und Induktivitäten errechneten Frequenzen übereinstimmen und die Gesetzmäßigkeit des Verlaufs vorausberechnen lassen. Diese Auffassung gründet sich auf 58 oszillographische Aufnahmen aus 29 verschiedenen Kurzschlußabschaltungen an 7 Umspannern und 23 Aufnahmen aus 18 verschiedenen Kurzschlußabschaltungen an 2 Drosselspulen.

Man wird den Betriebserfordernissen wohl gerecht, wenn man den Wert α bei kleineren Betriebsspannungen höher als bei großen Spannungen annimmt. Man berücksichtigt dabei, daß die höchsten Frequenzen den größten Umspanner- bzw. Drosselspulenleistungen zugeordnet sind, die mit der Betriebsspannung wachsen und im Kurzschluß

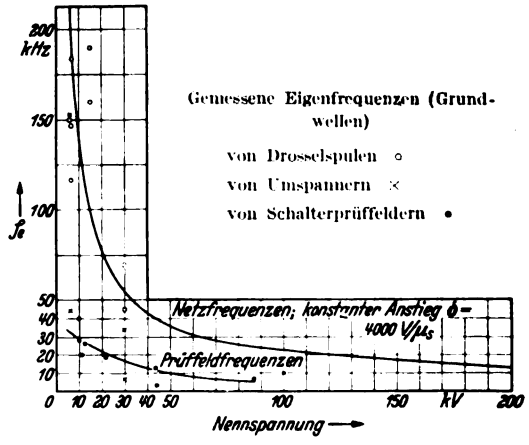


Abb. 9. Höhe der Eigenfrequenzen.

desto kleinere Spannungabfälle aufweisen. Sie seien für 6 kV mit 85 %, für 30 kV mit 70 %, für 60 kV mit 60 %, für 100 kV mit 50 % und für 200 kV mit 45 % eingesetzt. In die Abb. 9 ist nun eine Frequenzkurve eingetragen, die unter Zugrundelegung dieser α-Werte einer konstanten Anstiegsgeschwindigkeit von 4000 V/µs entspricht. Sie deckt die gemessenen Frequenzen wohl ausreichend und stellt

Digitized by Google

somit die vom Netz gegebene Steilheit dar, der alle Schalter unabhängig von ihrer Nenn- und Verwendungsspannung genügen müssen. Dabei ist es gleichgültig, ob sich der Schalter vielleicht die Ausschaltung durch zusätzliche Erhöhung der Steilheit vermittels einer Löschspitze erschwert oder durch Herabsetzung der Steilheit vermittels einer leitenden Schaltstrecke erleichtert.

Man muß die Steilheit von 4000 V/µs für alle Schalter zugrundelegen, denn jeder Schalter muß wegen der Austauschbarkeit auch die Abschaltung unmittelbar hinter einem Umspanner oder einer Drosselspule beherrschen. Der Wert ist außerdem nicht außergewöhnlich. Für das englische 11 kV-Netz sind Steilheiten bis zu 4000 V/µs ermittelt, für amerikanische 15 kV-Netze etwa das Doppelte und für das englische 132 kV-Netz etwa 3000 V/µs[16]). Schalter, die solche Steilheiten beherrschen, gibt es ebenfalls schon[16]). Im 30 kV-Netz der BEWAG kann die Steilheit der wiederkehrenden Spannung bei Abschaltung von Kurzschlüssen hinter den Drosselspulen bestimmt 4000 V/µs überschreiten; sie treten hier nicht bei dem vollen Ansschaltvermögen auf, da bei der Schalterauslegung ein Kurzschluß vor der Drosselspule (Abb. 6) mitberücksichtigt ist.

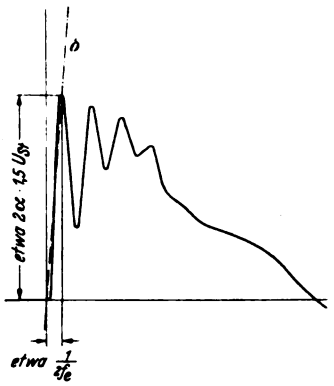


Abb. 10. Anstieg der wiederkehrenden Spannung ohne Beeinflussung durch den Löschvorgang.

In Abb. 9 sind auch die höchsten heute zur Verfügung stehenden Prüffeldfrequenzen eingetragen. Der Unterschied gegenüber den Netzverhältnissen ist sehr beträchtlich, obwohl gerade bei Prüffeldern fast ausschließlich ein Generator, ein Umspanner und vielleicht Drosselspulen im Kurzschlußkreis liegen. Die verhältnismäßig niedrigen Frequenzen dürften auf die vielfache Kopplung von Schwingungskreisen, bei großen Kurzschlußleistungen mit Fortfall der Drosselspulen auf den überwiegenden Spannungsabfall im Generator mit seiner niedrigeren Eigenfrequenz zurückzuführen sein. Im Netz arbeiten hingegen auf einen Kurzschluß hinter einem Umspanner oder einer Drosselspule mehrere Generatoren mit einem Vielfachen der Nennleistung des kurzgeschlossenen Umspanners oder der Spule und einem Bruchteil ihres Spannungsabfalls.

Man ist heute bestrebt, durch geschickte Prüfanordnung die Frequenz im Prüffeld immer höher zu treiben[17]). Soweit dies nicht zur Angleichung an die Netzverhältnisse führen sollte, muß die bestehende Lücke durch Netzversuche aufgefüllt werden. Man wird auf diese auch deshalb zurückkommen müssen, weil die Prüffelder wegen der starken Ankerrückwirkung bei großen Ausschaltleistungen nicht die im Netz auftretenden Spannungsamplituden der Einschwingwellen aufbringen können. Prüffeldversuche sind für die Schalterentwicklung auch bei größten Leistungen unbedingt nötig, haben hier aber nur mehr orientierenden Wert.

Die Wirkung der Einschwingfrequenz.

Die Bedeutung des Anstiegs der wiederkehrenden Spannung erhellen die Abb. 11 und 12[18]) an der Wirkung ihrer maßgebenden Größe, der Einschwingfrequenz, auf die Lichtbogendauer und den größtzulässigen Ausschaltstrom. Es sind z. T. Werte eingetragen, die aus anderen Kurvendarstellungen umgerechnet sind und wegen der unzulänglichen Rechenbeziehungen keine absolute Genauigkeit beanspruchen. Abb. 11 zeigt das Anwachsen der Lichtbogendauer bei gleichbleibender Ausschaltleistung mit zunehmender Frequenz. Dies bedeutet in Verbindung mit Abb. 1 eine erhöhte Beanspruchung des Schalters. Man sieht, daß der Einfluß der Frequenz fast immer mit zunehmender Höhe schwindet. Aus den für 132 kV eingetragenen Kurven folgt, daß der Einfluß der Frequenz auch mit zunehmender Abschaltleistung sinken kann und gegebenenfalls Schalter auch bei Ausschaltleistungen unterhalb ihres Ausschaltvermögens mit hohen Anstiegsgeschwindigkeiten zu prüfen sind.

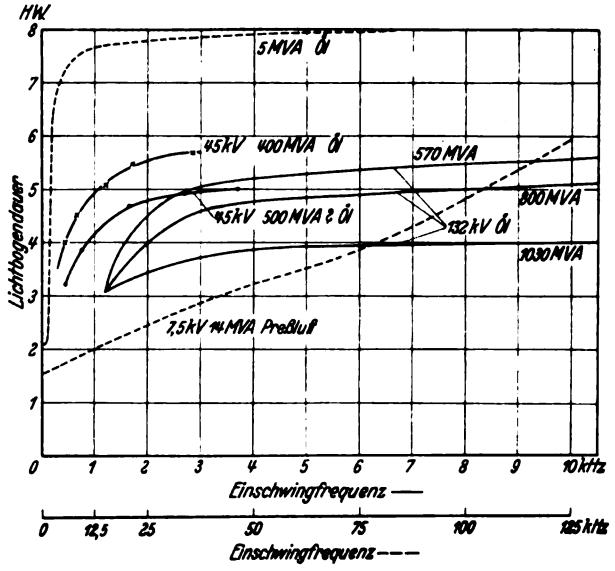


Abb. 11. Einfluß der Einschwingfrequenz auf die Lichtbogendauer.

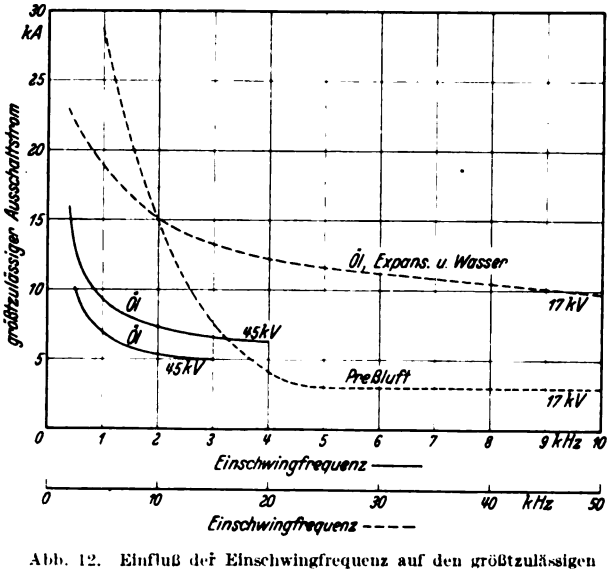


Abb. 12. Einfluß der Einschwingfrequenz auf den größtzulässigen Ausschaltstrom.

Abb. 12 liefert dem Betriebsingenieur eine greifbarere Darstellung von der Wirkung der Einschwingfrequenz. Sie zeigt z. B. für die Kurve „Preßluftschalter" bei konstanter Grundwelle der wiederkehrenden Spannung von 17 kV im Frequenzbereich von 5 auf 20 kHz eine Abnahme des größtzulässigen Ausschaltstromes von 30 kA auf 3 kA. Dies würde nicht weniger bedeuten, als daß ein Umspannerschalter, der auf Grund einer Prüfung nach dem schwedischen Vorschlag bei 5 kHz Prüffeldfrequenz der Abschaltleistung am Einbauort gerade genügen mag, im Kurzschlußfalle 10fach überlastet werden kann.

Das stimmt bedenklich. Doch in Abb. 11 ist aus einer anderen Quelle eine Kurve für Preßluftschalter eingetragen. Hier steigt die mittlere Lichtbogendauer zwischen

[16]) Flurscheim, J. Inst. electr. Engr. 76 (1935) S. 329.
[17]) Gosland, World Power (1935) S. 118.
[18]) Unterlagen für Abb. 9, 11 u. 12 in: VDE-Fachberichte 1931, S. 50; 1935, S. 39 bis 45. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 23 (1932) S. 577 u. 627. Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 52 (1933) S. 853. World Power (1935) S. 123. CIGRE, Paris 1935, Berichte 107, 116, 131.

Digitized by Google

5 und 20 kHz nur von etwa 1,7 auf 2,3 Halbwellen, d. h. praktisch wenig. In Verbindung mit Abb. 1 ist die Beanspruchung und das Ausschaltvermögen dieses Preßluftschalters im vorliegenden Frequenzbereich ziemlich unabhängig von der Einschwingfrequenz. Man erkennt aus den einander widersprechenden Angaben die um die Einschwingfrequenz herrschende Problematik und kann von vornherein vermuten, daß die tatsächlichen Verhältnisse in der Mitte zwischen beiden Auffassungen liegen werden. Einige Versuche, die die Bewag mit verschiedenen Schaltern in ihrem Netz durchführte, sprechen nicht gegen diese Vermutung.

Die Bewag hat auf Grund solcher Versuche ein erhebliches Vertrauen zu den neuzeitlichen Schaltern gefaßt. Sie bewältigten Anstiegsgeschwindigkeiten, für die sie bisher nicht entwickelt und erprobt waren. Diese Tatsache, die durch Abb. 11 und 12 gekennzeichnete Eigenschaft der Schalter, daß ihr Ausschaltvermögen mit wachsender Einschwingfrequenz praktisch unabhängig von ihr wird, und die nach Abb. 8 in gleicher Richtung wirkende Selbsthilfe des Schalters durch die Leitfähigkeit der Schaltstrecke führen zu dem Gedanken, daß die Forderung nach einer allgemein gültigen Mindest-Anstiegsgeschwindigkeit von 4000 V/μs keine Verteuerung der Schalter erzwingt. Die Elektrizitätswerke werden jedenfalls diese Anstiegsgeschwindigkeit für die Auslegung ihrer Schalter im Auge behalten müssen. Wie weit seltene Ausnahmefälle mit noch größerer Steilheit und umgekehrt eine geringere Steilheit für Schalter kleiner Durchgangsleistung berücksichtigt werden müssen, wird die noch fehlende Erfahrung lehren.

Das Vertrauen zu den neuen Schaltern dürfte ausreichen, die Festlegung der Anstiegsgeschwindigkeit in Prüfvorschriften so lange zurückzustellen, bis man entsprechende Prüfmöglichkeiten geschaffen hat und das Verhalten der Schalter gegenüber Einschwingwellen hoher Frequenz und Amplitude genügend erforscht hat. Die vorliegende Arbeit stellt die im Netz hinsichtlich der Anstiegsgeschwindigkeit gegebenen Bedingungen an Hand der Ergebnisse von Hochspannungsversuchen und ergänzenden Niederspannungsversuchen zusammen. Sie will die Einführung unzulänglicher Bestimmungen, die früher oder später doch wieder umgestoßen werden müssen, vermeiden. Die Schalterhersteller werden erwägen müssen, wie weit die von ihnen angegebenen Leistungs- und Stromgrenzen (Abb. 2) dem Anstieg von etwa 4000 V/μs gerecht werden. Es scheint, als ob hier bei gutem Aufbau des Schalters keine unüberwindlichen Schwierigkeiten zu befürchten sind.

Koronaverluste bei Drehstrom.

Von **Karl Potthoff** VDE, Stuttgart.

621. 3. 014. 4 : 621. 315. 1. 025. 3

Übersicht. Die Koronaverluste an einer Drehstromleitung sind, wie gezeigt wird, im ungestörten Betrieb und bei Erdschluß aus Messungen in der Reuse bestimmbar. Zu dem Zweck werden deutsche Meßergebnisse an einem 28 mm-Hohlseil (Heddernheimer Bauart), die aus Messungen in der Reuse gewonnen wurden, mit amerikanischen Messungen an einer Drehstromleitung verglichen, die mit Seilen derselben Bauart und desselben Durchmessers belegt war.

In einer früheren Arbeit[1]) war gezeigt worden, daß die an einer Drehstromleitung auftretenden Koronaverluste sich aus Reusenmessungen bestimmen ließen. Da der für solche Messungen — besonders an der Freileitung — notwendige Aufwand sehr hoch ist, konnte der Vergleich nur für eine einzige Meßreihe durchgeführt werden. Ein glücklicher Umstand läßt nun die damaligen Ergebnisse bestätigen. Carroll u. Simmons[2]) veröffentlichten vor kurzem Messungen über Koronaverluste an einer Versuchsfreileitung von rd. 320 m Länge an einem Seil der Heddernheimer Bauart (28 mm Dmr.) bei Spannungen bis 400 kV Drehstrom im ungestörten Betrieb und bei Erdschluß. Anderseits maß der Verfasser an dem gleichen Seil die Verluste in einer Reuse von 172 cm Dmr. und 7 m Länge bei Spannungen bis 140 kV im Rahmen einer größeren Untersuchung, von der Teilergebnisse bereits früher veröffentlicht wurden[3]).

Schon der Unterschied im Aufwand — 1000 m Seil bzw. 7 m und 400 kV Drehstrom bzw. 140 kV Einphasenstrom — lassen es als dankbare Aufgabe erscheinen, die Ergebnisse zu vergleichen, um so mehr als man in der Reuse im abgeschlossenen Raum die Möglichkeit hat, die atmosphärischen Bedingungen zu schaffen, die man haben will. Um den Vergleich durchführen zu können, mußten alle Meßergebnisse auf gleichen Druck und Temperatur umgerechnet werden. Als Normalwerte wurden 760 Torr und 20 ° C gewählt. Da bei den amerikanischen Messungen Leiter- und Lufttemperatur unterschieden wurden, wurde ihr Mittelwert in die Rechnung eingeführt. Dem Vergleich zwischen Reuse und Leitung wurde zugrunde gelegt, daß die Verluste dann gleich sind, wenn die Feldstärken an den strahlungsfrei gedachten Leitern gleich sind. Diese Formulierung unterscheidet sich nur wenig von der früher gegebenen[4]). Feinheiten, wie z. B. die Änderung der Feldstärke längs des Umfanges des Leiters bei der Freileitung, vernachlässigen wir dabei.

Die Freileitung bestand aus drei Leitern in waagerechter Ebene mit 671 cm Leiterabstand und ungefähr 1070 cm mittlerem Bodenabstand. Die an ihr auftretenden Feldstärken als Funktion der Spannung wurden in bekannter Weise berechnet. Es ergaben sich dann die Faktoren k, mit denen die Spannung U (in kV) zu multiplizieren ist, um die Feldstärke E (in kV/cm) zu erhalten:

	k_1	k_2	k_3
ungestörter Betrieb	0,0625	0,0660	0,0625
Erdschluß am Außenleiter	0,0912	0,0932	0,0183
Erdschluß am Mittelleiter	0,0948	0,0254	0,0948

Die Verluste an den an Erde liegenden Leitern sind also zu vernachlässigen. Für die Reuse ergab die weit einfachere Rechnung

$$E_R = 0{,}1737\, U_R.$$

Man erhält also die Verlustkurven für die Leitung aus den Verlustkurven für die Reuse, indem man für eine an der Leitung gemessene Spannung die zugehörige Reusenspannung durch Multiplikation mit k_1/k_R usw. ermittelt, dafür aus der an der Reuse gewonnenen Verlustkurve die Verluste bestimmt und die drei Werte summiert.

Wir haben nun bisher drei Größen vernachlässigt, die die Umrechnung erschweren. Da ist zunächst die Luftfeuchtigkeit. Da Carroll und Simmons bei $f_{rel} = 46$ bis 62 % maßen, also in einem Bereich, in dem die Abhängigkeit der Koronaverluste von der Feuchtigkeit noch sehr gering ist, konnten die Ergebnisse mit Reusenmessungen bei 56 % verglichen werden, ohne daß besondere Korrekturen notwendig waren. Schwieriger war die Oberflächenbeschaffenheit der zu vergleichenden Seile zu erfassen. Mit Sicherheit kann aber folgender Schluß gezogen werden: Carroll und seine Mitarbeiter gehen in der genannten und früheren Untersuchung stets

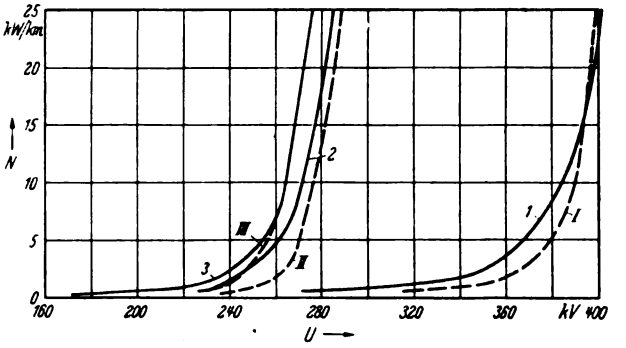
[1]) Potthoff, ETZ 54 (1933) S. 169.
[2]) Carroll u. Simmons, Electr. Engng. 54 (1935) S. 846.
[3]) Potthoff u. Mathiesen, ETZ 56 (1935) S. 3.
[4]) Potthoff, ETZ 54 (1933) S. 169.

Digitized by Google

von sehr sorgfältig gereinigten Leitern aus, bei denen dann die Verluste im Lauf der Zeit wachsen. Der Verfasser hat dagegen fast stets neue, ungereinigte Seile altern lassen, soweit sie nicht wie das hier behandelte Seil bereits stark gealtert angeliefert wurden. Bei diesem Vorgang sinken die Verluste stets. Während nun bei der Messung in der Reuse das Seil den Dauerzustand sicher erreicht hatte, war das bei dem amerikanischen Seil nicht der Fall. Aus vielen älteren Messungen Carrolls und seiner Mitarbeiter sowie aus Messungen des Verfassers kann geschlossen werden, daß nach Abwarten einer genügenden Alterung die an der Freileitung gemessenen Verluste schon bei einer um 5 % niedrigeren Spannung zu messen gewesen wären.

Eine letzte Größe, die in beiden Fällen unterschiedlich war, war die Frequenz. Da dem Verfasser keine Meßergebnisse in dem Durchmesser- und Verlustbereich bekannt sind, der hier untersucht ist, wurden mit Peek die Verluste proportional $f + 25$ angenommen und die Freileitungsverluste von 60 Hz auf 50 Hz umgerechnet.

Die Ergebnisse sind in Abb. 1 dargestellt. Sie gelten also für $\vartheta = 20\,°\,C$, $\tau = 760$ Torr, $f = 50$ Hz und neues, sorgfältig gereinigtes Seil. Die Übereinstimmung ist als befriedigend zu bezeichnen. Es ist zu berücksichtigen, daß die durch die Alterung eintretende Verlusteränderung sich nicht durch einen konstanten Faktor erfassen läßt, mit dem die Spannung zu multiplizieren ist. Im Bereich kleiner Verluste ist der Einfluß der Alterung (hier vor allem Staubabscheidung) größer. Wir konnten das früher sehr schön zeigen [vgl. ETZ 56 (1935) S. 3, Abb. 9, Meßreihen 163, 164]. Die in Abb. 1 noch bleibenden Unstimmigkeiten lassen sich hierdurch zwanglos erklären.



I, II, III direkte Messung an Freileitung, umgerechnet auf 760 Torr, 20° C, 50 Hz
I ungestörter Betrieb
II Erdschluß am Außenleiter
III Erdschluß am Innenleiter
1, 2, 3 Verluste, berechnet aus Reusenmessungen

Abb. 1. Koronaverluste an einer Drehstromleitung mit 3 Leitern in waagerechter Ebene (Leiterabstand 611 cm, mittl. Bodenabstand 1070 cm).

Zusammenfassung.

Erneut wird bestätigt, daß die an einer Freileitung auftretenden Koronaverluste durch Messungen in der Reuse vorausbestimmt werden können.

Die Signaleinrichtung und Seilfahrtschaltung der Turmförderanlage auf Zeche Hannibal in Bochum.

Von **Enno Hesse VDE**, Wanne-Eickel.

621. 398 : 622. 6

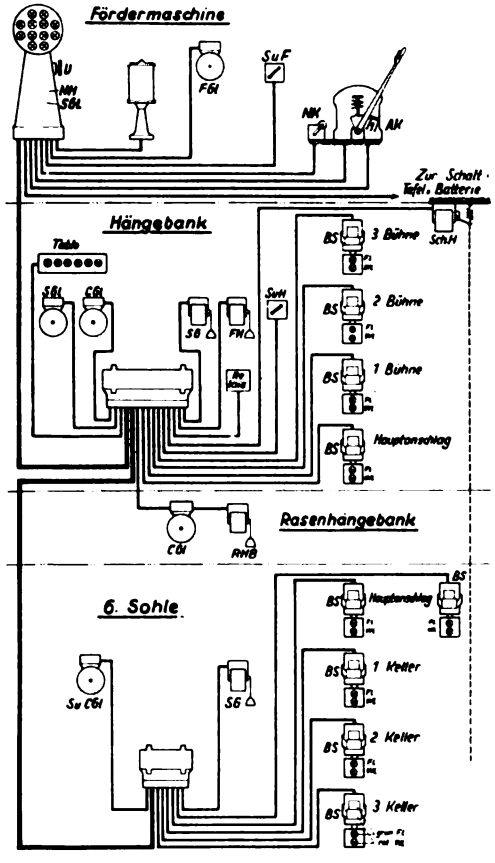
Übersicht. Im Anschluß an die beiden vorhergehenden Aufsätze über die Turmförderanlage der Zeche Hannibal in H. 34, S. 967 und H. 36, S. 1017 der ETZ 57 (1936) wird im folgenden eine Beschreibung der Signaleinrichtung und Seilfahrtschaltung der Turmförderanlage gegeben.

Nächst den Steuer- und Sicherheitseinrichtungen bilden die Signalanlage der Fördermaschine und die mit ihr verbundene Seilfahrtschaltung weitere wichtige Bestandteile der Gesamtanlage, von deren Zuverlässigkeit und störungsfreier Arbeitsweise nicht nur die Durchführung eines flotten Förderbetriebes, sondern vor allem auch Gesundheit und Leben der ein- und ausfahrenden Bergleute abhängen. Die in Abb. 1 dargestellte Signaleinrichtung besteht aus einer Einschlagsignalanlage und einer hiervon völlig unabhängigen Fertigsignalanlage, auch Schnellsignalanlage genannt. Die Einschlagsignalanlage ist in der bekannten Weise an den einzelnen Anschlagpunkten mit Signalgebern *SG* und mit Signalglocken *SGl* ausgerüstet. Hinzu kommen noch Kontrollsignalglocken *CGl*, die entsprechend den Vorschriften der Bergbehörde jedes an den einzelnen Anschlägen gegebene akustische Signal mit ertönen lassen. Vervollständigt wird die Anlage durch den Rückfragesignalkontakt an der Hängebank *FH*, der in Zweifelsfällen ein Rückfragen bei dem Sohlenanschlag gestattet. Zur Einschlagsignalanlage gehören ferner der sog. Schachthammer *SchH*, ein elektrischer Signalgeber, an den über eine Ausgleichfeder der in den Schacht eingehängte Hammerdraht angeschlagen ist, und ein Signalgeber *RHB* nebst Kontrollglocke *CGl* an der Rasenhängebank. Das Kennzeichen der Einschlagsignalanlage ist, daß alle von den einzelnen Anschlagpunkten kommenden Signale zunächst bei dem Anschlag an der Hängebank gesammelt werden, der dann als Hauptvermittlungsstelle die Signale an den Fördermaschinisten weitergibt. Befinden sich im Schacht zwei Förderungen, wie es hier für später vorgesehen ist, oder wird gar von mehreren Sohlen gefördert, so verlangt die Vielzahl der an der Hängebank eingehenden Signale ein ganz besonderes Maß von Aufmerksamkeit und Kenntnis des Signalwesens. Zur Erleichterung dient dem Anschläger ein an der Hängebank angebrachter Lampensignalkasten, dessen Lichtfächer erkennen lassen, an welcher Förderung bzw. von welcher Sohle die einzelnen Signale kommen. Die Lampen werden selbsttätig in dem Augenblick gelöscht, in dem der Fördermaschinist die Fahrbremse lüftet. Die bei diesem Signalsystem an den Anschläger der Hängebank zu stellenden Anforderungen erfahren aber noch eine wesentliche Steigerung, wenn bei der Seilfahrt, wie es bei dieser Anlage der Fall ist, die fahrenden Bergleute alle 8 Tragböden der beiden Förderkörbe gleichzeitig besteigen oder verlassen, also mindestens weitere 6 Anschlagpunkte hinzukommen. Da grundsätzlich alle Signale an der Hängebank gesammelt werden, spielt sich bei Seilfahrt die Signalabgabe so ab, daß zunächst der Sohlenanschläger die bei ihm eingehenden Signale von den vier Sätzen des am Füllort stehenden Förderkorbes abwartet, diese, sobald sie vollzählig vorliegen, als Sammelmeldung an den Hängebankanschläger weiterleitet, der seinerseits neben den Signalen von der Sohle auch auf den Eingang der Signale von den vier Sätzen des an der Hängebank haltenden Förderkorbes achten muß und erst dann, wenn alle Signale vollzählig zur Stelle sind, dem Fördermaschinisten das Ausführungssignal geben darf. Hierbei ertönt im Fördermaschinenhaus die mit *SGl* bezeichnete Glocke. Diese Art der Signalgabe birgt durch die dabei möglichen Irrtümer Ge-

Digitized by Google

fahren in sich, abgesehen von den damit verbundenen unvermeidbaren Zeitverlusten, die sich im Laufe des Jahres zu empfindlichen Ausfällen an der reinen Förderzeit summieren.

Alle diese Nachteile vermeidet in einfachster Weise die Fertig- oder Schnellsignalanlage, deren wesentliches Kennzeichen ist, daß jeder Anschläger, also auch jeder der Hilfsanschläger an den 8 Förderkorbsätzen, seinen Signalhebel betätigt, sobald an seinem Anschlag alles zur Signalgabe fertig ist, gleichgültig wie weit hiermit die anderen Anschlagpunkte sind, oder was an ihnen sonst vorgeht. Erst wenn sämtliche für die jeweilige Signalgabe in Frage kommenden Anschläger ihren Signalgeber betätigt haben, erscheint das Signal selbsttätig und unmittelbar beim Fördermaschinisten. Hieraus ergibt sich, daß einerseits der Zwang zu einer bestimmten Reihenfolge und Sammlung der Signale entfällt, anderseits weder eine



Zeichenerklärung siehe Abb. 2

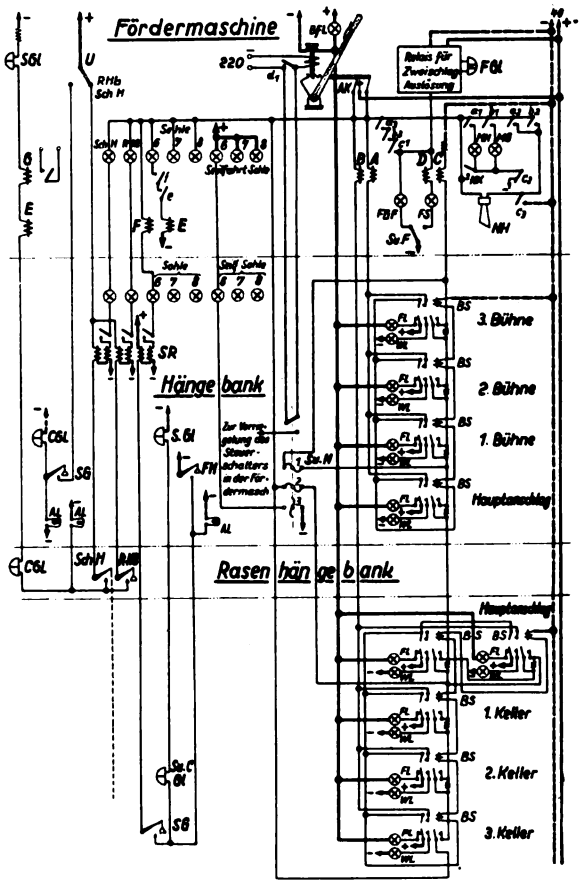
Abb. 1. Einschlagsignal- und Fertigsignalanlage der Turmförderanlage der Zeche Hannibal.

ermüdende besondere Aufmerksamkeit von den Anschlägern verlangt zu werden braucht, noch Zeitverluste in Kauf genommen werden müssen. Die Ausführung der Fertigsignalanlage ist in Abb. 1 dargestellt, in der mit *BS* die zugehörigen Signalgeber kenntlich gemacht sind. Die mit *„Hauptanschlag"* bezeichneten Signale auf der Sohle und an der Hängebank dienen zur Güterforderung, während die an den Bühnen und Kellern *1, 2* und *3* bezeichneten Signalgeber zusammen mit den Signalgebern der Hauptanschläge für die Seilfahrt bestimmt sind. Die zur Fertigsignalanlage gehörige Glocke im Fördermaschinenhaus ist durch das Zeichen *FGl* dargestellt. Auch mit der Fertigsignalanlage sind Signallampen verbunden, die dem Fördermaschinisten die Aufnahme der akustischen Signale erleichtern sollen und selbsttätig gelöscht werden, sobald der Fördermaschinist die Fahrbremse lüftet. Die Lampen der Einschlagsignalanlage und der Fertigsignalanlage sind in einem runden Lampenkasten zusammengefaßt, der dem Stande des Fördermaschinisten gegenüber aufgestellt ist. Die Schaltung der beiden Signalanlagen gibt Abb. 2 wieder. Da die Schaltung der Einschlagsignalanlage nichts Besonderes bietet, kann auf deren Beschreibung verzichtet werden. Dagegen wird es erwünscht sein, einiges über die Schaltung der Fertigsignalanlage zu sagen. Die Signalgeber der Fertigsignalanlage sind nicht wie die Signalgeber der Einschlagsignalanlage einfache Kontaktzuggeräte, sondern bestehen aus einem um eine waagerechte Achse von unten nach oben drehbaren sektorförmigen Bügel, der sich über dem als Kreisbogensegment ausgebildeten Signalgeberkasten bewegen läßt. Der äußere Kreisbogenabschnitt des Segmentes ist in zwei übereinanderliegende Hälften unterteilt, von denen die obere grün, die untere rot gestrichen ist. In der Ruhestellung liegt der drehbare Sektorbügel, der den Schaltmechanismus im Signalgeber betätigt, nach unten auf, verdeckt dabei das rote Feld und gibt das grüne frei zum Zeichen dafür, daß der Signalgeber zur Signalgabe bereitsteht. Will der Anschläger sein Signal geben, so hebt er den Bügel bis zum oberen Anschlag an. In dieser Stellung wird nunmehr der Bügel selbsttätig durch eine Magnetspule festgehalten. Er verdeckt jetzt das grüne Feld und läßt das rote sichtbar werden, zum Zeichen dafür, daß die Signalgabe eingeleitet ist. Durch die Drehbewegung des Bügels wird ein Schaltkontakt geschlossen, der mit entsprechenden Schaltkontakten aller übrigen Signalgeber in Reihe liegt. Sobald also sämtliche Anschläger ihre Signalbügel angehoben haben und auch diese durch ihre Magnete in der angehobenen Stellung festgehalten werden, ist die Kette des Fertigsignal-Stromkreises geschlossen. Hierdurch wird das Fertigrelais *C* betätigt, das seinerseits die Signalgabe im Fördermaschinenhause bewirkt. Wenn der Fördermaschinist nach Eingang des Signals die Fahrbremse lüftet, wird durch einen mit dem Fahrbremshebel verbundenen Ruhekontakt der Stromkreis der Magnethaltespulen unterbrochen, so daß die Bügel aller Signalgeber in ihre Ruhestellung zurückfallen und zu neuer Signalgabe bereitstehen. Wie aus dem Schaltbild ersichtlich ist, befinden sich in jedem Signalgeber außer dem Schaltkontakt für das Fertigsignal noch drei weitere Kontakte, die ebenfalls durch die Drehbewegung des Signalbügels betätigt werden. Zwei von diesen Kontakten schalten Signallampen, und zwar eine rote Warnlampe und eine grüne Freilampe, die in einem besonderen Lampenkasten über oder unter jedem Signalgeber angebracht sind. Die rote Warnlampe leuchtet nach Anheben des Bügels auf und soll den Anschläger ebenso wie das rote Feld am Signalgebergehäuse auf die Gefahren hinweisen, die nach Einleiten des Signalvorganges aus dem jederzeit zu erwartenden Ingangsetzen der Förderanlage entstehen können. Die grüne Freilampe wird nur bei der Seilfahrt gebraucht. Ihre Bedeutung wird in Verbindung mit der Seilfahrtschaltung erläutert. Der 4. Kontakt im Signalgeber dient einem zweifachen Zweck, indem er über das erste Kontaktpaar der Melderelais *A* und *B* im Fördermaschinenhaus Signallampen betätigt, die den roten und grünen Lampen an den Signalgebern entsprechen und über das zweite Kontaktpaar der gleichen Relais den Notsignal-Stromkreis der Fertigsignalanlage steuert. In dieser Verbindung des Signalgebers mit der Notsignaleinrichtung liegt ein ganz besonderer Vorzug des Systems, der nicht hoch genug veranschlagt werden kann. Besteht nämlich nach Anheben des Signalbügels, also nach Einleiten des Signalvorganges, Veranlassung zur Notsignalgabe, oder will der Anschläger sein Signal widerrufen, so braucht er nur den durch den Magnet festgehaltenen Bügel des Signalgebers herunterzureißen. Dadurch wird die Kette des Fertigsignal-Stromkreises unterbrochen und eine Signalgabe zur Fördermaschine ist so lange unmöglich, als der Anschläger seinen Bügel nicht wieder anhebt. Ist aber bereits das Fertigsignal beim Fördermaschinisten eingegangen und hat dieser bereits seine Fahrbremse gelüftet, damit also die Signalgeberbügel zum Abfallen gebracht, oder ist es nötig, während eines Treibens das Notsignal zu geben, so hat der Anschläger nur den Bügel

Digitized by Google

seines Fertigsignalgebers anzuheben, wodurch über den genannten 4. Kontakt und die Melderelais *A* und *B* eine Hupe als Notruf im Fördermaschinenhause ertönt, die den Maschinisten zum sofortigen Stillsetzen der Maschine veranlaßt. Dieser unmittelbare Zusammenhang zwischen Signalgeber und Notrufschalter muß als außerordentlich wertvoll bezeichnet werden. Denn er verleiht der Notrufanlage einen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsgrad, wie er auch nur annähernd von keiner anderen Bauweise erreicht werden kann. Der außergewöhnliche Vorteil dieser Bauweise liegt gerade darin, daß das Organ für den Notruf nicht wie meistens üblich unabhängig und getrennt angeordnet ist, sondern in fester Verbindung mit dem Geber der Regelsignale steht, also immer wieder und dauernd bewegt werden muß. Jeder Betriebsmann kennt die großen Nachteile, die allen Einrichtungen anhaften, die, wie es bei unabhängigen Notrufsignalgebern der Fall ist, nur selten, vielleicht in Wochen oder gar Monaten einmal gebraucht werden und dann im entscheidenden Augenblick versagen, weil möglicherweise irgendein wichtiges Glied verbogen oder ein Gelenk festgerostet ist und keine Gelegenheit vorhanden war, den einwandfreien Zustand auszuproben. Der Zwang zu ständiger Bewegung der dem Notruf dienenden Organe bietet die beste Gewähr, daß Versager infolge irgendwelcher mechanischer Hemmungen so gut wie ausgeschlossen sind. Aber auch etwaige Fehler im Zuge der elektrischen Einrichtung müssen sich bei dieser Bauweise schnell bemerkbar machen, da sie ja sofort das Spiel der Meldelampen stören. Noch ein weiterer außerordentlicher Vorteil ergibt sich aus diesem System. Es ist bekannt, daß das Hängenbleiben eines Signalgeberkontaktes nach erfolgter Signalgabe nicht unmöglich ist und trotz bester Wartung immer mal vorkommt. Zu welchen katastrophalen Folgen das Hängenbleiben eines Signalgebers gerade bei einer Fertigsignalanlage führen kann, braucht nicht gesagt zu werden. Besondere Vorkehrungen gegen einen solchen Fall erübrigen sich bei den hier beschriebenen Signalgebern — im Gegensatz zu manchen anderen Ausführungen. Denn wenn nach erfolgtem ordnungsmäßigen Eingang des Fertigsignals der Fördermaschinist durch Lüften des Fahrbremshebels die Bügel aller Signalgeber zum Abfallen bringt, aber irgendein Bügel infolge einer Kontakthemmung hängen bleibt, so stellt sich von selbst der gleiche Zustand ein, als wenn ein Anschläger durch Anheben des Bügels nach Beginn des Treibens ein Notsignal gibt. Das Hängenbleiben eines Signalgebers wird also sofort selbsttätig gemeldet, ohne daß es dazu weiterer die Anlage verteuernder und verwickelter Geräte bedarf. Zusammenfassend ist festzustellen, daß die beschriebene Verbindung von Signalgeber und Notruforgan äußerst sinnvoll ist. Die sich aus dieser Bauweise ergebenden Vorteile waren deshalb auch ausschlaggebend für die Wahl des Systems.

In der Natur der Fertigsignalanlage liegt es, daß immer nur ein einziges bestimmtes Signal gegeben werden kann, nämlich das Signal „Fertig". Meistens dient hierzu ein Rasselwecker, dessen Ertönen dem Maschinisten anzeigt, daß das Treiben für den Förderzug oder die Seilfahrt beginnen kann. Da die bergbehördlichen Seilfahrtvorschriften ein Signal „Fertig" nicht kennen, sondern nur die Signale „Auf", „Hängen", „Halt" und deren Abwandlungen, wurde im vorliegenden Falle verlangt, daß das Fertigsignal nicht als Rassellaut ertönen dürfe, sondern nur als der allen Bergleuten gewohnte Doppelschlag des Signales „Auf". Diese Forderung löste die Lieferfirma erstmalig mit Hilfe des üblichen Einschlagweckers in Verbindung mit einer sinnreichen Relais-Sonderbauart. Inzwischen ist diese Doppelschlagsignalgabe auch auf anderen Zechen bei Fertigsignalanlagen eingebaut worden. Soweit sich bei der Förderung und Seilfahrt die Notwendigkeit ergibt, andere Signale als „Auf" zu geben, muß auf die Einschlagsignalanlage zurückgegriffen werden, die im übrigen als Reservesignalanlage dient. Dem etwaigen Einwand, daß der Zwang, eine Einschlagsignalanlage unter allen Umständen für die zusammengesetzten Signale zur Verfügung haben zu müssen, eine besondere Fertigsignalanlage überflüssig erscheinen läßt, ist damit zu begegnen, daß in Schächten mit flotter Förderung die Fertigsignalanlage eine Beschleunigung bei der Abfertigung der Förderkörbe und damit eine Steigerung der Förderleistung ermöglicht, die von anderen Signalsystemen nicht erreicht werden kann. Nach Untersuchungen von Körfer[1]) sind bei Fertigsignalanlagen gegenüber den sonst üblichen Einschlagsignalanlagen Leistungssteigerungen von 8,4 bis 16 % Mehrförderung erzielt worden. Auch für die vorliegende Anlage trifft dies in etwa gleichem Maße zu.



Zeichenerklärung zu den Abb. 1 u. 2:

Einschlagsignalanlage:

SG	Signalgeber
SGl	Signalglocke
CGl	Kontrollsignalglocke
FH	Fragehammer
RHB	Signalgeber an der Rasenhängebank
SchH	Schachthammer
U	Umschalter
AL	Ausgleichlampen
SR	Sohlenrelais

Fertigsignalanlage:

BS	Bühnensignalgeber
FGl	Fertigsignalglocke
A	Melderelais für die Hängebank
B	Melderelais für die Grube
C	Fertigrelais
D	Signallampenrelais
AK	Löschkontakt
Fl	Freilampe
Wl	Warnlampe
SuH	Seilfahrtumschalter an der Hängebank
SuF	Seilfahrtumschalter im Notfeldschalter des Fördermaschinenhauses
FS	Fertigsignallampe für Seilfahrt
FGF	Fertigsignallampe für Güterförderung
NH	Nothupe
NK	Kontakt für Nothupe
BFL	Signallampe für Fördermaschinensperreinrichtung
MH	Meldelampe für Hängebank
HG	Meldelampe für Grube

Abb. 2. Schaltbild der Einschlagsignal- und Fertigsignalanlage.

Erhöhte Bedeutung als Sicherheitsfaktor erhält die Fertigsignalanlage in Verbindung mit der Seilfahrtschaltung der Förderanlage. Um bei Seilfahrt die Seilgeschwindigkeit zwangläufig auf 10 m/s herabzuset-

[1]) Körfer, Glückauf 67 (1931) S. 730.

Digitized by Google

zen, wird die Spannung der Steuerdynamo entsprechend vermindert. Zu diesem Zwecke wird zunächst ein Teil der Hauptfeldwicklung der Steuerdynamo abgeschaltet und durch einen Widerstand von gleichem Ohmwert ersetzt[2]) derart, daß das verbleibende Feld bei voller Steuerhebelauslage die zugelassene Seilfahrtgeschwindigkeit ergibt. Es stehen dann bei der Seilfahrt die gleichen Anfahr- und Verzögerungswege zur Verfügung wie bei der Lastfahrt, bei der kleinen Seilfahrtgeschwindigkeit also auch eine entsprechend kleinere Beschleunigung und Verzögerung. Da im vorliegenden Falle der Geschwindigkeitsunterschied zwischen Seilfahrt (10 m/s) und Lastfahrt (18 m/s) besonders groß ist, und infolgedessen die Beschleunigungs- und Verzögerungsperioden bei Seilfahrt zu lang werden, läßt sich die richtige Seilfahrtgeschwindigkeit nicht allein durch die obige Widerstandsschaltung erzielen, sondern es muß gleichzeitig eine entsprechende Sperrung der Steuerhebelauslage vorgenommen werden, um das gewünschte Verhältnis einzustellen. Dies geschieht durch den Sperrmagneten *66*[2]). Die Umschaltung auf Seilfahrtgeschwindigkeit geht folgendermaßen vor sich. Sobald die Seilfahrt beginnen soll, gibt die Sohle mit der Einschlagsignalanlage das hierfür festgesetzte Zeichen zur Hängebank, die in gleicher Weise den Fördermaschinisten verständigt. Hierauf stellt der Anschläger der Hängebank den dort befindlichen Seilfahrtumschalter *67* von Güterförderung auf Seilfahrt, wodurch dem Fördermaschinisten der Steuerhebel über den Sperrmagneten *65* in der Nullstellung festgelegt wird. Die Sperrung kann nur wieder dadurch aufgehoben werden, daß der Fördermaschinist seinerseits den im Fördermaschinenhaus am Notfeldschalter eingebauten Seilfahrtschalter *63* von Güterförderung auf Seilfahrt umstellt. Dies hat weiter zur Folge, daß gleichzeitig 1. über den Sperrmagneten *66* die Begrenzung der Steuerhebelauslage eintritt, 2. der Feldersatzwiderstand *37* im Hauptfeld der Steuerdynamo eingeschaltet und 3. der motorische Antrieb *70* des Steuerhebels abgeschaltet wird. Der Sperrmagnet *64* im Seilfahrtumschalter *63* sorgt dafür, daß die Umschaltung nicht zur falschen Zeit, sondern nur bei unerregtem Steuermaschinenfeld möglich ist. Mit der Betätigung des Seilfahrtumschalters *67* an der Hängebank wird aber auch die Fertigsignalanlage in den Kreis der Seilfahrtschaltung gezogen. Der Umschalter *67* ist mit einem in Abb. 2 dargestellten Umschalter der Fertigsignalanlage verbunden, der die bei der Güterförderung kurz geschlossenen Signalgeber an den Bühnen der Hängebank und der Sohlenkeller *1* bis *3* für die Benutzung zur Seilfahrt freigibt und durch Betätigung einer Signallampe dem Fördermaschinisten die erfolgte Umstellung auf Seilfahrt anzeigt. Weiter wird durch den Umschalter *67* der in eine Sperrklinke des Fahrbremshebels eingreifende Magnetkern der Fördermaschinen-Sperreinrichtung, der bei Güterförderung durch die Brücke im Umschalter unwirksam gemacht ist, in Tätigkeit gesetzt. Steht der Umschalter auf Seilfahrt, so fällt der Kern des Sperrmagneten ab und blockt den Fahrbremshebel in der Stellung „Bremse fest", bis über das mit der Fertigsignalanlage verbundene Relais *91* die Sperrung durch Anheben des Magnetkerns aufgehoben wird. Solange also das Fertigsignal nicht beim Fördermaschinisten eingegangen ist, kann auch der Fahrbremshebel nicht gelöst werden. Erst nach Eingang des Fertigsignals ist der Fördermaschinist in der Lage, die Bremse zu lüften und das Treiben zu beginnen, bei dessen Ende die Sperrvorrichtung ohne weiteres erneut in Tätigkeit tritt. Eine besondere Signallampe zeigt dem Maschinisten die Sperrung der Bremse an. Es braucht nicht weiter ausgeführt zu werden, was diese Fördermaschinen-Sperreinrichtung für die Sicherheit der Fahrenden bedeutet. Den Fahrenden selbst aber zeigen die bereits erwähnten, an den Signalgebern der einzelnen Anschlagspunkte aufleuchtenden grünen Signallampen, deren Stromkreis über einen Hilfskontakt der Fördermaschinen-Sperreinrichtung geschleift ist, an, daß die Bremse in der Stellung „Fest" gesperrt ist, also der Förderkorb ohne Gefahr betreten werden kann. Erst beim Anheben des Signalgeberbügels erlischt die zugehörige grüne Lampe, und es leuchtet die rote Lampe als Warnung vor nunmehr möglicher Gefahr auf. Tafeln an allen Anschlagpunkten weisen darauf hin, daß den Fahrenden das Auf- und Absteigen nur beim Aufleuchten des grünen Signals gestattet, dagegen beim Aufleuchten des roten Signals sowie beim Erlöschen beider Lampen verboten ist.

Die Fördermaschinen-Sperreinrichtung macht zusammen mit der Fertigsignalanlage die sonst vielfach übliche Verbindung der Signalgeber mit den Torverschlüssen der Anschlagspunkte überflüssig. Da besonders bei dem rauhen Betriebe auf den Füllörtern leicht Störungen an der Übertragung der Torbewegung auf den Signalgeber eintreten, ist mit dem hier beschriebenen System eine oft lästige Fehlerquelle vermieden. Bei der Güterförderung bleibt die Sperreinrichtung, wie schon gesagt, außer Tätigkeit, da sie den Maschinisten beim genauen Einfahren und Umsetzen an der Hängebank stören würde. An die Stelle der Sperreinrichtung tritt dann die Hupe des Notrufkreises, die selbsttätig ertönt, sobald der Maschinist vor Eingang des Fertigsignals die Fahrbremse lüftet. Zu erwähnen ist schließlich noch, daß bei der Fertigsignalanlage im Gegensatz zur Einschlagsignalanlage an der Abgabestelle der Signale keinerlei Hörzeichen mittönen, die Anlage also ganz geräuschlos arbeitet.

Vervollständigt wird die Signalanlage durch eine selbsttätige Isolationsüberwachung, deren besonderer Wert darin liegt, daß die Überwachung doppelpolig durchgeführt ist und bereits Isolationsfehler vom Übergangswiderstand des menschlichen Körpers angezeigt werden, ohne daß diese empfindliche Anlage auf Induktionsschläge zur unrechten Zeit anspricht. Da etwa auftretende Isolationsfehler vollkommen selbsttätig durch Ertönen eines Rasselweckers gemeldet werden, erübrigen sich regelmäßige Isolationsprüfungen.

Gespeist wird die Signalanlage durch zwei Akkumulatorenbatterien zu 40 V Betriebsspannung, von denen jeweils eine in Reserve steht. Zur Aufladung dient ein eigener Drehstrom-Gleichstrom-Umformer. Die gesamte Installation wurde unter Tage in gummiisolierten, über Tage in papierisolierten bewehrten Bleikabeln ausgeführt. Sämtliche Anschlüsse sind übersichtlich zu gußeisernen Kabelverteilerkästen geführt und hier über Klemmleisten geschleift, so daß alle Prüfungen und etwa erwünschte Umschaltungen schnell ausgeführt werden können.

Zusammenfassung.

Die Signaleinrichtung der Turmförderanlage der Zeche Hannibal besteht aus der üblichen Einschlagsignalanlage und der näher beschriebenen sog. Fertig- oder Schnellsignalanlage. Es wurden die Gründe für die Erstellung zweier getrennter Signaleinrichtungen angegeben und die besonderen Vorteile der Fertigsignalanlage genannt, deren wesentlichste die erreichbare Steigerung der Förderleistung und der hohe Grad der Betriebssicherheit im Zusammenhang mit der Seilfahrtschaltung sind. Letztere wird eingehend erläutert. Die sehr wichtige Einrichtung für die Notsignalgabe besitzt durch den sinnreichen Zwang zu ständiger Benutzung der Betätigungsschalter eine sonst kaum erreichbare Zuverlässigkeit. Bemerkenswert ist die mit der Fertigsignalanlage verbundene Fördermaschinen-Sperreinrichtung, die sich als ein äußerst wertvolles Glied in der Unfallverhütung erweist.

[2]) Für die folgende Erläuterung gilt auch die Abb. 1 in ETZ 57 (1936) H. 36, S. 1018.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

621. 315. 668. 3 **Bewehrte Betonmaste.** — In Anlehnung an die allgemeinen günstigen Erfahrungen in anderen Ländern, hat man in der Schweiz einen Eisenbetonmast entwickelt: Ein nach oben verjüngter Hohlmast, dessen Querschnitt ein gleichseitiges Dreieck darstellt, bei dem die Ecken gebrochen sind und der nach dem sogenannten Rüttelverfahren hergestellt wird. Für die Berechnungsgrundlagen sind die Landesvorschriften für Leitungen und für Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton maßgebend. Die Bewehrung besteht aus normalem Betonrundeisen; für hoch beanspruchte Maste wird Stahl höherer Festigkeit verwendet. Die Betonierung des Hohlmastes erfolgt mit Mantel- und Kernform aus Eisen. Der Beton wird maschinell gemischt und mit möglichst spärlichem Wasserzusatz gut plastisch eingebracht. Die Vibriereinrichtung wird elektrisch betrieben. Ein Motor dreht eine über den ganzen Mast laufende Längswelle, an der exzentrische Gewichte befestigt sind. Die minutliche Umdrehungszahl beträgt 720. Zwecks besseren Besteigens werden Trittlöcher vorgesehen bei 2,50 m über Boden beginnend. Der Mast wird als wirtschaftlich bezeichnet für Tragmaste von Hochspannungsleitungen mit drei bis sechs Leitern und Spannweiten von 100 bis 180 m und auch für leichte Winkelmaste. Das Gewicht eines 13 m-Mastes (ohne Spitzenzugangabe) wird mit 1300 bis 1800 kg angegeben. Die angestellten Versuche ergaben eine den Vorschriften genügende Festigkeit.

Aus dem Bericht geht hervor, daß man bei der Konstruktion bestrebt war, den hauptsächlichsten Faktoren, die für einen Eisenbetonmast maßgebend sind, gerecht zu werden, wie hohe Tragfähigkeit, große Dichtigkeit und geringstmöglichstes Gewicht. Die Tragfähigkeit ist vornehmlich abhängig von der Querschnittsform und der Festigkeit des Werkstoffes (Beton und Eisen); ob jedoch im vorliegenden Fall die gewählte Querschnittsform als besonders günstig anzusprechen ist, muß bezweifelt werden. Durch das Rüttelverfahren erzielt man neben der erhöhten Festigkeit die unbedingt bei Eisenbetonmasten zu fordernde große Dichtigkeit des Betons, die die Haltbarkeit des Betonmastes maßgebend beeinflußt. Der dichte Rüttelbeton ist ähnlich wie der bewährte Schleuderbeton Einflüssen von außen weniger zugänglich. Ob sich bei der angegebenen Schwingungszahl für das Rüttelgerät die zu erreichenden günstigsten Werte für Dichtigkeit und Festigkeit des Betons ergeben, steht nach den Erkenntnissen über Rüttelbeton nicht fest. Untersuchungen, die bisher hierüber vorliegen, ergeben hohe Werte bei möglichst hohen Schwingungen. Die im Bericht noch angegebenen Vorzüge hinsichtlich Wirtschaftlichkeit des Mastes, wonach schon beim Ankauf ab Werk gegenüber einem Eisenmast gleicher Tragfähigkeit 20 bis 25 % eingespart werden, dürften nur für schweizerische Verhältnisse und für eisenarme Länder richtig sein, für deutsche Verhältnisse gelten sie sicher nicht. [E. Camenzind, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 135.] *ir.*

Elektromaschinenbau.

621. 314. 222. 014. 3. 004. 6 **Kurzschlußschäden an Transformatoren.** — Da der Stoßkurzschlußstrom eines Generators nach den R.E.M.[1]) den fünfzehnfachen Scheitelwert seines Nennstromes nicht überschreiten darf und der Dauerkurzschlußstrom infolge der Ankerrückwirkung nur einen geringen Bruchteil dieses Wertes ausmacht, sind die dynamischen und thermischen Beanspruchungen eines Transformators beim Kurzschluß auf seiner Sekundärseite um so geringer, je größer seine Nennleistung im Vergleich zur Generatorleistung ist. Bei im Verhältnis zur Generator- bzw. Netzleistung kleiner Transformatorenleistung wird der obere Grenzwert des Kurzschlußstromes erreicht, der lediglich durch die Kurzschlußspannung des Transformators und seine Dämpfung bestimmt wird. Hierbei ist an den Normalfall gedacht, bei welchem der Kurzschluß während des Betriebes auftritt. Wird dagegen der spannungslose Transformator auf einen bestehenden Kurzschluß geschaltet, so erhöht sich der Kurzschlußstrom noch um den Einschaltstromstoß. Durch die Kraftwirkung des Kurzschlußstromes wird bei den üblichen einfach konzentrischen Röhrenwicklungen die innenliegende Spule gegen den Eisenkern gepreßt, während die äußere Spule sich zu erweitern trachtet. Außerdem treten axiale Kräfte auf, die einerseits die Spulenlänge zu verringern und anderseits bestehende Längenunterschiede der Primär- und Sekundärspulen zu vergrößern suchen. Der Konstrukteur ist bemüht, solche Längenunterschiede möglichst zu vermeiden oder gering zu halten. Einen Grenzfall der Unsymmetrie stellt der Windungsschluß dar, der auch schon deshalb besonders verheerende Wirkungen auslöst, als der primär aufgenommene Strom meistens zu gering ist, um eine Abschaltung herbeizuführen, so daß es zu starker Erwärmung des kurzgeschlossenen Wicklungsteiles kommt. Bei der Berechnung der Erwärmung des Wicklungskupfers durch den Kurzschlußstrom darf die Wärmeaufnahme des Isolierstoffes bzw. des Öles vernachlässigt werden, nicht dagegen die Widerstandszunahme des Kupfers mit der Temperatur. Als zulässige Höchsttemperatur im Kurzschlußfalle sind mit Rücksicht auf die Isolation der Drähte etwa 200 ° C anzusehen. Höhere Temperaturwerte führen zur Verbrennung der Isolation und Verminderung der mechanischen Festigkeit des Kupfers. Maßgebend für die Kurzschlußerwärmung ist die Stromdichte bei Nennbetrieb, die Kurzschlußspannung und die Abschaltzeit. Diese drei Größen müssen in einem gesunden Verhältnis zueinander gehalten werden. Bei wiederholtem Einschalten auf einen bestehenden Kurzschluß ist vor jede neue Einschaltung eine Abkühlpause zu legen, die so ausreichend bemessen sein muß, daß die genannte Temperaturgrenze keinesfalls überschritten wird. [H. Rengier, Masch.-Schad. 13 (1936) S. 1.] *R. K.*

[1]) VDE 0530/1934.

Apparate und Stromrichter.

621. 314. 57 **Grundlagen der Wechselrichtung.** — A. J. Schmidek stellt sich die Aufgabe, eine möglichst vollständige Theorie der Wechselrichtung an Hand der mathematisch streng beherrschbaren Reihenwechselrichtung zu liefern. Zunächst werden durchsichtige, einfache Formeln für den induktionsfrei belasteten Reihenwechselrichter entwickelt. Für den Strom ergeben sich gedämpfte sin- bzw. Sin-Wellen. Da die Stromhalbwellen im periodischen Falle Sektoren der Wechselrichter-Grundschwingung bilden, wird für diese die Bezeichnung „Trägerwelle" (entsprechend „Trägerfrequenz") vorgeschlagen. Diese Stromsektoren sind aus ihrer symmetrischen Mittellage um so mehr nach links verschoben, je größer die Dämpfung ist. Für den induktionsfreien Betrieb wird die Kommutierungsbedingung angegeben und mit ihrer Hilfe die dem stationären Zustande entsprechende untere Betriebsgrenze — die stationäre Kommutierungskurve — des Reihenwechselrichterbetriebes in einem Schaubilde dargestellt. Dieses enthält auch die der unteren Betriebsgrenze entsprechende Grenzdämpfungskurve.

Weiter wird der Begriff der „Pendelenergie" eingeführt und gezeigt, daß das Wechselrichtersystem energetisch einem von einer sinusförmigen Wechselspannung gespeisten, auf Reihenresonanz abgestimmten Leistungskreise entspricht. Ein solches System enthält nur „Pendelenergie", die zwischen den Energiespeichern des Leistungskreises hin und her flutet. Es findet also kein Energiespiel zwischen Netz und Verbraucher statt. Im aperiodischen Falle und im aperiodischen Grenzfalle ist die „Pendelenergie" gleich null. Die Untersuchung der Phasenverhältnisse zeigt, daß zwischen Spulen- bzw. Kondensatorspannung und Strom die Phasenverschiebung größer als 90 ° ist, weshalb die für gewöhnliche Wechselstromkreise gültigen Regeln für die Spannungsteilung an Widerständen nicht ohne weiteres angewendet werden dürfen.

Aus der Sperrbedingung wird für den induktionsfreien Betrieb eine sichere, dem stationären Zustande entsprechende obere Betriebsgrenze, die Stromwendepunktkurve (Sperrspannungs-Scheitelkurve) ermittelt. Die von der

Digitized by Google

Stromwendepunkt- und der Kommutierungskurve eingeschlossene, ganz im periodischen Gebiete liegende Zone stellt den stationären Betriebsbereich vor. Weiter wird der Begriff der „stationären Anlaufspannung" eingeführt (bei welcher die stationäre Stromwelle die Fortsetzung der Einschaltwelle, der Zündwelle, bildet) und die Kommutierungs- und Zündbedingung für Anlauf aufgestellt. Die Begriffe „Frequenzgang" und „Anlaufintervall" werden definiert. Ist die Anlaufspannung kleiner als die stationäre, so wird ein im stationären Betriebsbereiche liegender stationärer Punkt von oben bei normalem Frequenzgange (d. h. bei steigender Frequenz) erreicht, im umgekehrten Falle erfolgt der Anlauf von unten bei verkehrtem Frequenzgange (d. h. bei fallender Frequenz). Nur im letzteren Falle kann stufenfreier Strom erzeugt werden. Die einzelnen Steuerverfahren werden besprochen. Als Hauptnachteil der selbst- und fremderregten Wechselrichterschaltungen stellt sich ihre Abhängigkeit von der Kondensator-Anlaufspannung heraus, von der Frequenzgang und damit Größe und Lage des Anlaufintervalles und weiter die Lage der erreichbaren stationären Betriebspunkte bestimmt werden. Bei diesen Schaltungen besteht außerdem die Gefahr der Frühzündung.

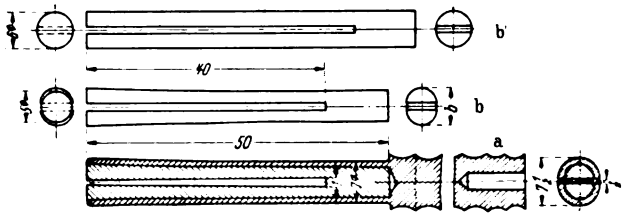
Sodann werden die Formeln für induktive Belastung abgeleitet. Bei dieser wird die einen Sektor der Wechselrichter-Trägerwelle bildende Stromwelle aus ihrer symmetrischen Mittellage nach rechts verschoben und der stationäre Betriebsbereich beiderseits, oben und unten, eingeengt. Es zeigt sich, daß beim normalen Anlauf höchstens das Lastverhältnis $v = \frac{L_b}{L} = 3$ (L_b Lastinduktivität, L Induktivität der halben Kommutierungsspule) bewältigt werden kann. Ist $L_b \leq M$ (M Gegeninduktivität der beiden Kommutierungshalbspulen), so bestehen bei der Gitterstromsteuerung keine Kommutierungsschwierigkeiten. Die Gitterstromsteuerung zeichnet sich ferner dadurch aus, daß bei ihr die durch Frequenzgang und Frühzündung bedingten Betriebsschwierigkeiten wegfallen und stufenfreier Strom erhalten werden kann, und daß bei ihr der Wirkungsgrad besser ist. [A. J. Schmidek, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 6, S. 347.]

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 316. 541. 12. 022 **Ein zuverlässiger Laboratoriumsstecker für große Stromstärken.** — In elektrotechnischen Hochschulinstituten werden zum Anschluß der Maschinen und Geräte häufig Flügelschraubenklemmen verwendet, die offen auf den Schalttafeln angebracht sind. Das ist bedenklich und bedeutet eine Gefahr, insbesondere für unerfahrene Studenten, denen leicht ein Versehen unterlaufen kann. Das Abdecken der Klemmen mit isolierenden Kappen hat nur einen zweifelhaften Wert; der Berührungsschutz sollte in der Bauart selbst liegen. — Gute Sicherheit bietet die Steckvorrichtung, deren Aufnahmehülse versenkt in der Schalttafel angeordnet ist. Sie hat allerdings einen wunden Punkt, und der liegt im Steckerstift. Der einfache, geschlitzte Messingstift zeigt nach kurzem Gebrauch den Mangel, daß die Zinken vorn zusammengedrückt sind. Die übliche Abhilfe, sie mit einem Messer wieder auseinanderzubiegen, führt bald zum Bruch. Auf alle Fälle sind ein dauernd sicherer Kontakt und fester Sitz nicht gewährleistet. Andere Bauarten, wie der Bananenstecker und ähnliche, kommen wohl nur für kleine Stromstärken in Frage.

Im Institut des Berichters wird seit Jahren ein Stecker verwendet, der sich in jeder Beziehung als zuverlässig erwiesen hat. Die Annahme, daß auch anderweitig unliebsame Erfahrungen mit Steckern gemacht worden sind, rechtfertigt eine kurze Beschreibung. Der Steckerstift besteht aus 2 Teilen (Abb. 1), einer Hülse (a) aus Messing und einem federnden Bolzen (b) aus Stahl in der Hülse. Beide sind geschlitzt. Die Eigenart liegt in der Gestalt des Federbolzens und wird durch die Herstellungsweise erreicht. Zunächst wird ein Stahlbolzen (b') von etwa 55 mm Länge und 6 mm Dmr. mit einem Schlitz von 1 mm Breite versehen. Dann wird der Bolzen auf der Drehbank so eingespannt, daß die Zinkenenden sich berühren, in diesem Zustand auf 5 mm Dmr. abgedreht und auf 50 mm Länge abgestochen. Hiernach hat der Bolzen die Gestalt b, d. h. die Zinken spreizen sich auf 6 mm auseinander. Der Bolzen wird (nach Härtung) in die gleichgroße Bohrung der Messinghülse hineingedrückt, so daß die Schlitze parallel laufen. Er sitzt dann dauernd fest und drückt die Hülse vorn etwas auseinander.

Durch diese Bauart wird folgendes erreicht. Der Stecker ohne Bolzen paßt mit geringem Spiel in die Aufnahmehülse. Wird er im fertigen Zustand hineingesteckt, so drückt sich der Bolzen auf seine zylindrische Gestalt zusammen. Der Stecker wirkt dann wie ein in die Aufnahmehülse genau eingepaßter Stift, der sich überdies kraft der Federwirkung des Bolzens an die Wandung der Aufnahmehülse eng anschmiegt. Da der Bolzen nicht weiter zusammengedrückt werden kann, wird eine Überschreitung der Elastizitätsgrenze des Messings sicher verhindert. Dauernd guter Kontakt und fester Sitz sind damit verbürgt; auch eine Beschädigung des Steckers außerhalb der Hülse kann kaum eintreten. Was die übrige Ausstattung betrifft, so sei hier eine erprobte Ausführung erwähnt. Das Kabel wird in eine Bohrung am Griffende eingelötet. Auf das gewellte Griffende wird ein Stück Gummischlauch (mit Gewebeeinlage) fest aufgezogen. Dadurch wird ein guter Berührungsschutz gewährleistet; gleichzeitig verhindert der Schlauch, der auch etwa 5 cm des Kabels einhüllt, das Abknicken des Kabels.



a Steckerhülse mit Bolzen b Federbolzen b' Bolzen, Ausgangsform

Abb. 1. Stecker für Laboratorien.

P. Böning, Woosung (China), Tung-Chi-Universität.

Elektrische Prüfämter. — Der Aktiengesellschaft Neckarwerke in Eßlingen a. N. ist die Genehmigung erteilt worden[1]), als „Elektrisches Prüfamt 40" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom	bis 600 A	900 V	im Amt
	bis 3000 A	850 V	am Betriebsort
mit Wechsel- u. Drehstrom	bis 2500 A	35 000 V	im Amt
	bis 1500 A	440 V	am Betriebsort.
	bis 200 A	33 000 V	

Der Energie-Aktiengesellschaft Leipzig in Markkleeberg ist die Genehmigung erteilt worden, als „Elektrisches Prüfamt 41" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen[2]), und zwar mit Gleichstrom bis 200 A 600 V,

mit Wechsel- und Drehstrom	bis 1000 A	15 000 V	im Amt
	bis 200 A	15 000 V	am Betriebsort.

Dem Städtischen Elektrizitätswerk in Chemnitz ist die Genehmigung erteilt worden[3]), als „Elektrisches Prüfamt 42" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar mit Gleichstrom bis 200 A 500 V, mit Wechsel- und Drehstrom bis 200 A 500 V.

Beleuchtung.

628. 971: 656. 1. 08 **Beleuchtung und Unfallgefahr.** — Einen wertvollen Beitrag zur Klärung der Zusammenhänge zwischen den Ursachen von Verkehrsunfällen und den hierbei herrschenden Beleuchtungsverhältnissen brachte H. Lossagk in einem Vortrag „Optische Gefahrwahrnehmung" vor der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft. Die Erfahrungen, die der Vortragende als gerichtlicher Sachverständiger auf dem Gebiete des Kraftfahrzeugverkehrs gewonnen hat, sind geeignet, als allgemeine Erkenntnisse für das Studium der Unfallverhütung überhaupt, z. B. auch in gewerblichen Betrieben, verwertet zu werden. Etwa 300 Mill RM gehen dem deutschen Volks-

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 75. Bekanntmachung Nr. 405 der PTR.
[2]) Deutscher Reichsanzeiger Nr. 144 v. 24. 6. 1936.
[3]) Deutscher Reichsanzeiger Nr. 170 v. 24. 7. 1936.

Digitized by Google

vermögen jährlich durch Verkehrsunfälle verloren. Die Berliner Polizeistatistik vom Jahre 1933 zeigte, daß nur 4 % aller Unfälle auf technische Mängel am Fahrzeug zurückzuführen sind. Sieht man von den Unfällen ab, die durch offensichtlichen Leichtsinn verschuldet wurden, so ergibt sich ein sehr großer Prozentsatz von Fällen, in denen die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers abgelenkt wurde oder in denen er aus optischen Gründen gar nicht in der Lage sein konnte, die Gefahr rechtzeitig wahrzunehmen. Ursachen hierfür können sein: Verdeckung der Sicht durch Teile des eigenen Wagens oder fremde Fahrzeuge, Gebäudeteile usw. Perspektivische Wirkungen und optische Täuschungen lassen einen anderen Verlauf der Straße und ihrer Begrenzungen vermuten, als er tatsächlich ist, Schlagschatten können die Erkennbarkeit von Hindernissen erschweren. Weitere Ursachen sind die bekannten Erscheinungen der Blendung und der Blendnachwirkung, ferner die Aufhebung ursprünglich vorhandener Hell-Dunkel-Kontraste durch plötzlich auftretende Zusatzbeleuchtung (z. B. durch die Scheinwerfer eines überholenden Wagens), sowie das Auftreten von Spiegelungserscheinungen. Besondere Bedeutung haben Veränderungen des Anpassungszustandes des Auges. Beim Hineinfahren in eine Unterführung z. B. erfordert die Umstellung des Auges von Hell- auf Dunkelanpassung eine gewisse Zeit, desgleichen der umgekehrte Vorgang. Lossagk hat nun systematische Versuche darüber angestellt, welcher Kontrast sofort erkannt werden kann, wenn das Auge gezwungen wird, sich von einer gegebenen Umgebungsleuchtdichte auf eine andere während einer bestimmten Anpassungszeit umzustellen. Kurventafeln zur Ermittlung dieser Zusammenhänge gestatten z. B. die Größenordnung der zu erwartenden Anpassungszeit vorauszuberechnen, um festzustellen, ob der Anpassungsvorgang für das Zustandekommen des Unfalls verantwortlich sein kann. Ferner wurde der gerade noch wahrnehmbare Grenzkontrast als Funktion von Beobachtungsdauer und Sehwinkelgröße bei verschiedenem Anpassungszustand ermittelt, und jetzt noch in Arbeit befindliche Untersuchungen werden das Gebiet des Sehvorgangs nach vorausgegangener Blendung behandeln. Schon die bisherigen Ergebnisse dieser Untersuchungen, die Lossagk im Rahmen einer für das Reichsarbeitsministerium durchgeführten Forschungsarbeit erhalten hat, zeigen, welche Bedeutung die exakte zahlenmäßige Erfassung dieser Erscheinungen für die Aufklärung und Verhütung von Unfällen, nicht nur im Straßenverkehr, sondern auch im Fabrikbetrieb, gewinnen kann. [H. Lossagk, Vortrag Dtsch. Lichttechn. Ges. am 19. 3. 1936.] *Frh.*

Verkehrstechnik.

621. 33 (7) **Antriebsleistungen für hohe Geschwindigkeiten.** — C. J. Wright, Chefelektriker der Reading Company, und sein Assistent P. A. McGee behandeln in einer interessanten Arbeit die Frage, welche Antriebsleistungen für Personenzüge im Fern- und Nahverkehr bei verschiedenen Anforderungen an die Geschwindigkeit und Beschleunigung, insbesondere für sehr hohe Geschwindigkeiten, notwendig sind und wie sich die Betriebskosten dabei für verschiedene Betriebsarten, Dampfbetrieb, elektrischer Betrieb und dieselelektrischer Betrieb stellen. Wenn auch die Untersuchungen für amerikanische Verhältnisse angestellt sind und sich nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen lassen, so sind doch die Verhältniszahlen recht interessant.

Die Verfasser beziehen ihre Ermittlungen auf vier wichtige Zuggrößen: Gesamtzuglänge einschl. Antriebseinheit, Nutzlänge (Personen, Post, Gepäck), durchschnittliches Gewicht je Meter der Gesamtlänge und je Meter Nutzlänge. Zunächst werden die Zugwiderstände betrachtet, wobei allerdings der Ermittlung einfache Formeln zugrunde gelegt werden, die den verwickelten Verhältnissen des Luftwiderstandes nicht voll Rechnung tragen. Eine Gegenüberstellung der Luftwiderstände für verschiedene Bauarten und Zuglängen zeigt den Einfluß beider auf den Luftwiderstand, der mit zunehmender Zuglänge bis auf ein Drittel des Luftwiderstandes eines 30 m langen Zuges, der als Einheit angenommen ist, abnimmt. Durch besondere Ausbildung der Zugenden kann das Verhältnis, wie bekannt, günstiger gestaltet werden.

Sodann wird der Einfluß der Leichtbauweise auf die Reibungswiderstände betrachtet, die bei Geschwindigkeiten von 160 km/h gegenüber dem Dampfzug der üblichen amerikanischen Bauweise auf weniger als die Hälfte zurückgehen. Die Verfasser ziehen aus beiden Betrachtungen den Schluß, daß der praktischste Weg zur Herabsetzung des Zugwiderstandes bei hohen Geschwindigkeiten der wäre, möglichst lange Züge mit möglichst geringem Gewicht laufen zu lassen. Für kürzere Zugeinheiten ist die Bauform der Stirnwand und des Zugendes von besonderer Bedeutung.

Für verschiedene Betriebsarten, Dampflokomotivbetrieb, elektrischer Lokomotivbetrieb, elektrischer Triebwagenbetrieb und dieselelektrischer Betrieb mit Triebwagen oder Lokomotiven sind dann besondere Kennlinien für den Leistungsbedarf, bezogen auf die Zuglänge, bei verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten in der Waagerechten bis 200 km/h ermittelt, ferner die zugehörigen Fahrgeschwindigkeiten bei einer Steigung von 5 ‰ und die Beschleunigungen in der waagerechten Strecke. Die letzteren zeigen besonders deutlich die Überlegenheit des elektrischen Betriebes gegenüber den durch die Kesselleistung beim Dampfbetrieb und durch die Dieselmotorleistung beim Dieselbetrieb begrenzten Möglichkeiten der beiden anderen Betriebsarten, besonders dann, wenn man den Antrieb über den Zug verteilt (Triebwagenbetrieb), was allerdings auch beim Dieselbetrieb technisch möglich ist. Interessant ist wieder der Einfluß der Zuglänge auf den Leistungsbedarf, der sich aus den Kennlinien ergibt. Wird der Leistungsbedarf je m Nutzlänge für eine Zuglänge von 32 m zu 100 % eingesetzt, so ergibt sich für den 150 m langen Zug eine Leistung je m von nur 44 bis 66 % und für den 305 m langen Zug eine solche von 36 bis 58 %.

Der Einfluß der Geschwindigkeit auf den Leistungsbedarf je m Nutzlänge ergibt sich aus Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Geschwindigkeit km/h	Zuglänge 32 m	Zuglänge 152 m	Zuglänge 305 m
113	100 %	100 %	100 %
137	150 ··· 170 %	150 ··· 157 %	150 ··· 155 %
161	256 ··· 295 %	250 %	230 %
200	500 ··· 634 %	430 ··· 500 %	420 ··· 460 %

Die Verfasser haben dann versucht, auf Grund der Leistungsermittlungen auch einen Vergleich der Betriebskosten anzustellen, soweit diese durch die Geschwindigkeit, Bauform der Wagen und Leistung beeinflußt werden, also die Kosten für Energie, Personal, Betriebsstoffe, Betriebspflege, Unterhaltung u. dgl. Da eingehende Erfahrungen für den Betrieb mit sehr hohen Geschwindigkeiten noch nicht vorliegen, waren die Verfasser hierbei auf Schätzungen angewiesen. Die Ermittlungen können also nur als Annäherungswerte für mittlere Verhältnisse gelten. Sie sind für zwei Fahrgeschwindigkeiten, 113 und 200 km/h, sowie wieder für Züge aus gewöhnlichen und Leichtbauwagen in den Zuglängen 30 und 305 m aufgestellt und zeigen daher den Einfluß von Zuglänge, Wagenbauweise, Antriebsart und Geschwindigkeit auf die Betriebskosten. Auch diese Ermittlungen zeigen die Überlegenheit des elektrischen Betriebes bei den betrachteten Betriebsverhältnissen. Die Betriebskosten betragen danach beim elektrischen Betrieb 70 bis 55 % der Kosten des Dampfbetriebes, je nachdem, ob es sich um Züge aus gewöhnlichen Wagen oder aus Leichtbauwagen handelt. Die Unterschiede sind naturgemäß besonders groß bei hohen Geschwindigkeiten und bei aufgeteiltem Antrieb (41 bis 45 % für 200 km/h).

Der dieselelektrische Betrieb ist nach Ansicht der Verfasser zwar auch günstiger als der Dampfbetrieb, aber nicht erheblich. Die Kosten schwanken zwischen 80 bis 90 % des Dampfbetriebes.

Hierzu ist jedoch zu sagen, daß einwandfreie Kostenermittlungen für hohe Geschwindigkeiten noch nicht vorliegen, daß also die Zahlen auf Grund von Schätzungen ermittelt wurden und durch die Erfahrung im Dauerbetrieb sich noch erheblich ändern können.

Die Verfasser ziehen aus dem Ergebnis der Untersuchungen den Schluß, daß für hohe Geschwindigkeiten die elektrische Betriebsform die technisch und wirtschaftlich befriedigendste sei. Sie untersuchen deshalb noch die Frage, welche Verkehrsdichte notwendig ist, um die Ein-

Digitized by Google

führung elektrischen Betriebes zu rechtfertigen. Sie gehen dabei von den Kosten der Stromverteilunganlagen aus. Die Ermittlungen können, da sie für amerikanische Verhältnisse gelten, nicht auf deutsche Verhältnisse übertragen werden. Eine solche Ermittlung dürfte auch die Frage nach der Elektrisierungswürdigkeit einer Strecke nicht befriedigend genau beantworten. Dazu müssen sämtliche Unkostenfaktoren berücksichtigt werden, die für jede Strecke sehr verschieden liegen.

Schließlich wird noch der Leistungsbedarf für Vorortbahnen untersucht, wobei von der Reisegeschwindigkeit unter Zugrundelegung einer Höchstgeschwindigkeit von 113 km/h und einer Beschleunigung von 0,56 m/s² bis zu 48 km/h ausgegangen wird, Werten, die bei neueren amerikanischen Vorortbahnen erreicht werden. Die Reisegeschwindigkeit wird dabei in Abhängigkeit vom Haltepunktabstand ermittelt und danach die erforderliche Leistung je Meter Nutzlänge des Zuges und diejenige für den ganzen Zug von 152 m Länge festgestellt. Es ergibt sich daraus die an sich bekannte Tatsache, daß für die Vorortbahnen mit den angegebenen Betriebsverhältnissen nur der über den Zug verteilte elektrische Antrieb eine befriedigende Lösung bieten kann.

Die beim Vorortbetrieb mit solchen Betriebsverhältnissen erforderlichen und eingebauten Leistungen übersteigen zum Teil die Leistungen, die nach den für den Fernverkehr mit hohen Geschwindigkeiten durchgeführten Ermittlungen der Verfasser erforderlich sind. Daher sind technische Schwierigkeiten für die Bereitstellung solcher Leistungen nicht vorhanden. Ein solcher Betrieb ist lediglich eine Frage des Bedürfnisses und der Wirtschaftlichkeit. [C. J. Wright u. P. A. McGee, Rly. Age 97 (1934) S. 499.] —*sb*—

621. 335. 5 **Speicherfahrzeuge.** — Der Verfasser untersucht zunächst, warum Elektrofahrzeuge bis vor einigen Jahren nicht den Anteil an der Lastenförderung hatten, der ihnen eigentlich zukam, und was zu unternehmen ist, um die jetzt erfolgte Wiedererweckung des Interesses zu einem Dauererfolg zu führen. Der frühere Mißerfolg wird zurückgeführt auf die geringen Kenntnisse über das Arbeiten mit Batterien, auf unnötig schwere und schlechte Fahrzeugbauarten und auf den Einsatz von Elektrofahrzeugen für Zwecke, für die sie grundsätzlich ungeeignet waren.

Auf Grund von Erfahrungen hält der Verfasser die Verwendung von Elektrofahrzeugen infolge ihrer vielen Vorzüge vor den Benzinfahrzeugen für vorteilhaft und volkswirtschaftlich empfehlenswert. Er erwähnt, daß bei seiner Firma ein 3½ t-Elektromobil seit 18 Jahren in Betrieb ist und in dieser Zeit, mit Ausnahme der Erneuerung der Batterie und der Reifen, fast keine Ausbesserungskosten verursacht hat und daher auch fast ununterbrochen fahrbereit ist. Der Verfasser hält es für empfehlenswert, durch eine Behörde, wie es in England die Electrical Development Association ist, die Öffentlichkeit über die Leistungsfähigkeit der Elektrofahrzeuge aufzuklären, um falsche Verwendung und damit Fehlschläge zu vermeiden. Für die Milchverteilung und die Lebensmittelbelieferung hält der Verfasser das Elektrofahrzeug am geeignetsten.

In den letzten Jahren hat sich in England der leichte elektrische Lieferwagen für eine Tragfähigkeit bis zu 400 kg eingeführt. Dieses Fahrzeug entwickelt in der Ebene eine Geschwindigkeit von 45 km/h und hat ein Umschaltgetriebe, um auch jede normale Steigung befahren zu können. Mit einer Batterieladung wird eine Fahrleistung von 65 bis 90 km gewährleistet. Größere Fahrleistungen werden durch Nachladen der Batterie erzielt. Der Verfasser hält es für möglich, durch Einrichtung von Batteriewechselstellen in Abständen von 15 bis 30 km auch den Überlandverkehr mit Elektrolastfahrzeugen durchzuführen. (Anm. d. Ber.: Dieser Vorschlag erscheint zu weitgehend, denn das Elektrolastfahrzeug ist überlegen verwendbar im Stadt- und Nahverkehr[1]), während der Fernverkehr den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor für flüssige oder gasförmige Brennstoffe wegen ihrer Unabhängigkeit in bezug auf die Fahrleistung überlassen bleiben muß.)

Die Errichtung öffentlicher Garagen mit Lade- und Auswechselstellen für die Batterien wird empfohlen, insbesondere jedoch die Verwendung von Einheitströgen und -batterien. Letzteres ist in Deutschland bereits der Fall[2]), da die Elektrofahrzeugindustrie sich hier auf einen Einheitstrog geeinigt hat, der in den Fahrzeugen zu zwei oder vier Stück verwendet wird.

Als wichtigste Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung der Elektrofahrzeuge verlangt der Verfasser, daß niemals ein Fahrzeug für Zwecke verkauft wird, für die es grundsätzlich ungeeignet ist. Dieser Ansicht muß in jeder Beziehung zugestimmt werden.

Untersucht wird auch, was die Elektrizitätswerke für die verstärkte Verwendung von Elektrolastfahrzeugen tun können. Diese sollten zunächst einmal für eigene Zwecke ausschließlich elektrische Fahrzeuge verwenden; ferner sollten sie guten Kundendienst treiben, um jeden Besitzer eines Elektrofahrzeuges zufrieden zu stellen. E. E. Hoadley sagt dem Elektrofahrzeug eine gute Zukunft voraus. [E. E. Hoadley, Electr. Rev. 118 (1936) S. 867.] *Lcs.*

[1]) ETZ 57 (1936) S. 169.
[2]) ETZ 57 (1936) S. 267.

Fernmeldetechnik.

621. 395. 61/2 : 534. 83 **Versuche zur Verbesserung von Telephonieanlagen für geräuscherfüllte Räume.** — Die Untersuchungen beziehen sich vor allem auf Telephonverständigungsanlagen für Flugzeuge; es werden Berührungsmikrophone, Luftschallmikrophone und Kopfhörer bzw. Hörkappen untersucht. Die Arbeit beschäftigt sich hauptsächlich mit der Erforschung der Ursache der geringen Verständlichkeit von Berührungsmikrophonen und auf ihre Verbesserung. Durch oszillographische Aufnahmen der wichtigsten Vokale mit einem elektrodynamischen Berührungsmikrophon am Kehlkopf, an der Wange und an der Stirn und durch Vergleich mit dem Luftschalloszillogramm desselben Vokals wird gezeigt, daß als Hauptmerkmal des Berührungsmikrophons das mehr oder weniger starke Fehlen der Formanten angegeben werden kann und daß sich hieraus die geringe Verständlichkeit erklärt. Zum weiteren Beweis wird angegeben, daß durch Einschalten eng begrenzter Formantgebiete mit Hilfe elektrischer Resonanzkreise aus dem schlecht verständlichen Kehlkopflaut ein verständlicher Vokal, auch ein anderer Vokal gebildet werden kann. Durch Hervorheben des gesamten oberen Frequenzbereiches, in dem die Formanten im allgemeinen liegen, wird die Verständlichkeit im ganzen gehoben. Mit der Verbesserung der Verständlichkeit durch Hervorheben des oberen Frequenzgebietes wächst im allgemeinen die Lärmanfälligkeit des Kehlkopfmikrophons. Der Gewinn an Verständlichkeit überwiegt jedoch, so daß die künstliche „Verzerrung" ein Mittel zur Verbesserung der Verständlichkeit auch bei Anwesenheit von Störlärm darstellt. Es gelang so, bei gegebenem Störlärm (Flugzeuglärm 100 Phon) mit Berührungsmikrophonen Silbenverständlichkeiten von 40 % zu erreichen gegenüber ursprünglichen Werten, die um 10 % lagen.

Bei verzerrungsfreien Luftschallmikrophonen ist die Verständlichkeit bei Besprechung in ruhigem Raum sehr gut, die Lärmanfälligkeit des normalen Mikrophons ist jedoch größer als beim Berührungsmikrophon. Es zeigt sich aber, daß man bei Verwendung von Luftschallmikrophonen durch starke Annäherung des Mikrophons an den Mund des Sprechers ein ausreichendes Verhältnis von Nutzamplitude zu Störspiegel auch im Lärm erhalten kann. Unter den gleichen äußeren Bedingungen wie vorher (Flugzeuglärm 100 Phon) konnte mit Luftschallmikrophonen eine Verständlichkeit von 65 % erzielt werden. Durch eine kleine Abschätzung wird gezeigt, daß die von solchen Luftschallmikrophonen aufgenommene Sprache erst bei Geräuschstärken von 125 bis 130 Phon „verdeckt" wird, also von Geräuschstärken, die fast an der Fühlschwelle liegen und nur sehr selten vorkommen. In fast allen Fällen ist daher das Luftschallmikrophon in bezug auf die Verständlichkeit dem Berührungsmikrophon überlegen. Daß Luftschallmikrophone für Besprechung in lärmerfüllten Räumen bisher vielfach für ungeeignet galten, ist hauptsächlich auf die mangelhaften Eigenschaften der verwendeten Mikrophone zurückzuführen. Für das Berührungsmikrophon sprechen in erster Linie rein praktische Gesichtspunkte (z. B. bessere Anbringungsmöglichkeit).

Für die Einwirkung äußeren Lärms auf den Hörenden ist hauptsächlich die Lärmabschirmung maßgebend, die mit dem Anlegen des Hörers an das Ohr erzielt wird. Messungen ergaben, daß die Abschirmung durch normale Kopfhörer wie auch durch Hörkappen stark frequenz-

Digitized by Google

abhängig ist. Für Frequenzen unter 500 Hz beträgt die Abschirmung nur etwa 5 db, was auf geringe Undichtigkeit des Hörers zurückgeführt wird. Für Frequenzen über 500 Hz hat die Abschirmung Werte bis zu 20 und 30 db und erreicht damit fast den Wert, der bei vollständigem Ohrverschluß erzielt wird. Hieraus ist für Hörkappen insbesondere der Schluß zu ziehen, daß als wichtigste Maßnahme zur Erzielung einer guten Lärmabschirmung ein gut anschließender Sitz des Telephonhörers zu fordern ist. [K. Krüger und W. Willms, Z. techn. Physik 16 (1935) S. 585.] *Vb.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 397. 331. 2 **Kaltkathodenstrahl-Lichtabtaster für Fernsehzwecke.** — W. Schnabel zeigt, daß die bei der Abtastung von Filmen mit Kathodenstrahlröhren auftretenden Schwierigkeiten mit dem vom Verfasser entwickelten Kaltkathodenstrahlrohr weitgehend verringert werden. Die Hauptschwierigkeit bei dieser Filmgebeeinrichtung liegt z. B. in der Erzeugung der nötigen Helligkeit im abtastenden Kathodenstrahl-Lichtfleck. Es ist nämlich erforderlich, daß der durch den zu übertragenden Film hindurchtretende Lichtstrom in der für die Abtastung benutzten Photozelle Spannungen hervorruft, die in ihren Kleinstwerten (den dunklen Feldern des zu übertragenden Bildes entsprechend) noch über dem Störspiegel liegen müssen. Diese Forderung wird erfüllt. Das entwickelte Abtastrohr gestattet es, Gesamtlichtströme bis zu 400 lm (etwa 32 HK im Abtastlichtfleck) zu erzeugen. Die nötige Betriebsspannung beträgt 12 kV. Durch Hereinbringen des magnetischen Ablenksystems ins Vakuum und Benutzung langer Ablenkkondensatoren wird eine Empfindlichkeit erzielt, die die normaler Glühkathodenröhren noch weit übertrifft. Es werden weiterhin nähere bauliche Einzelheiten angegeben und die Schwierigkeit erörtert, die bei der Benutzung von Glasleuchtschirmen entsteht (Aufladung bei hohen Schirmleistungen). Es wird gezeigt, wie die Aufladungen beseitigt werden können.

Da die Frage des Abtastsenders vom Vorhandensein genügend rasch abklingender Leuchtstoffe abhängt, wird weiterhin gezeigt, daß von der Industrie bereits eine Reihe von Leuchtschirmfluoren hergestellt wird, die bei Benutzung geeigneter Photozellen genügend rasche Abklingzeiten ergeben (rd. 10^{-6} s). Ergänzend wird auf eine Schaltung hingewiesen, die es ermöglicht, noch vorhandene Nachleuchtwirkungen zu verringern. Die erreichbare Güte des Übertragungssystems wird durch auf der Empfangsseite erhaltene Fluoreszenzschirmphotos belegt und der Einfluß senderseitigen Schirmnachleuchtens auf das Empfangsbild photographisch erfaßt. [W. Schnabel, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 7, S. 461.]

621. 317. 754 : 535. 376 **Stoffe für den Leuchtschirm Braunscher Röhren.** — Die Lichtstärke des Leuchtschirms einer Braunschen Röhre, die bekanntlich in Kerzenstärken je Watt der im Elektronenstrahl enthaltenen Gleichstromleistung gemessen wird, wobei die Richtung senkrecht zur leuchtenden Fläche als Bezugsrichtung gilt, ist sehr wesentlich von der chemischen Zusammensetzung des Leuchtstoffes abhängig. Bei der Bewertung solcher Stoffe sind zwei Erscheinungen von ausschlaggebender Bedeutung: Die spektrale Energieverteilung und die Leuchtdauer nach erfolgter Anregung. Nach diesen Gesichtspunkten werden von Perkins und Kaufmann die als Leuchtstoffe brauchbaren Verbindungen im einzelnen betrachtet; ihr Verwendungsbereich wird umrissen. Der in der Technik bekannteste Leuchtstoff für Braunsche Röhren ist Willemit (2 [Zn O] SiO_2) mit einer Beimischung von Mangan. Dabei ist hier, wie auch bei anderen Silikaten, zu beobachten, daß das reine Silikat nicht leuchtend ist und erst durch Zusatz anderer Stoffe (im vorliegenden Falle Mangan) wirksam wird; um die beste Wirkung zu erhalten, muß bei der Zusammensetzung des Leuchtstoffes ein ganz bestimmtes, für die einzelnen Silikate verschiedenes Mischungsverhältnis eingehalten werden. Eine zweite Gattung von Leuchtstoffen ist in den Sulfiden verschiedener ein- und zweiwertiger Metalle in Verbindung mit Kupfer, das zur Anregung (reine Sulfide sind wie reine Silikate nichtleuchtend) mit größtem Erfolge verwendet werden kann, gegeben. Das Mischungsverhältnis ist hier jedoch besonders kritisch. In einer letzten Gruppe werden einige Wolfram- und Molybdänverbindungen zusammengefaßt, die gewöhnlich als selbstleuchtend bezeichnet werden (neuere Untersuchungen haben allerdings gezeigt, daß auch hier die meisten Verbindungen nicht chemisch rein sind und durchweg Spuren von Blei enthalten, das die Anregung verursacht). Zur Herstellung von Verbindungen dieser Gruppe wird gewöhnlich ein Metalloxyd bei hoher Temperatur mit Wolframsäure oder Molybdänsäure umgesetzt. Der zeitliche Verlauf der Lichtstärke je eines Vertreters der drei genannten Gruppen ist in Abb. 2 *A* bis *C* dargestellt. Wie man daraus ersieht, be-

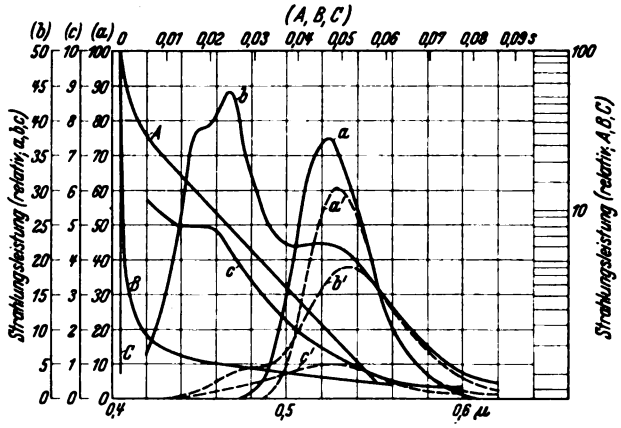


Abb. 2. Strahlungsleistung (*a*, *b*, *c*) und spektrale Augenempfindlichkeit (*a'*, *b'*, *c'*) bzw. Leuchtdauer verschiedener Leuchtstoffe [*A* Silikate, *B* Sulfide, *C* Wolfram(Molybdän)verbindungen].

sitzen Silikate eine Leuchtdauer von etwa 0,06 s, wobei die Lichtstärke von einem Höchstwert unmittelbar nach der Erregung bis zur Sichtbarkeitsgrenze annähernd linear abfällt. Die gleiche Leuchtdauer besitzen die Leuchtsulfide; doch ist hierbei die Lichtstärke bereits nach Ablauf von 0,0005 s auf 10 % des Höchstwertes gesunken; weiterhin nimmt aber die Lichtstärke nur noch wenig ab und ist noch 10 s nach der Anregung meßbar. Die Leuchtdauer von Verbindungen der letztgenannten Gruppe endlich ist praktisch nicht zu messen. Die kürzeste Zeit, die überhaupt gemessen werden konnte, betrug 0,000027 s; nach dieser Zeit war nur noch 1 % der Anfangslichtstärke vorhanden. Die spektrale Energieverteilung der betrachteten Leuchtstoffe ist aus Abb. 2 *a* bis *c* ersichtlich; zum Vergleich ist jedesmal der Verlauf der bei jeder Wellenlänge als Licht empfundenen Energie (nach der Kurve der spektralen Augenempfindlichkeit) mitgezeichnet. Aus den Kurven folgt, daß bei dem untersuchten Kieselzinkerz die spektrale Energieverteilung sich ausgezeichnet der Spektralempfindlichkeit des Auges anpaßt (größte Strahlungsenergie im Grünen); der visuelle Nutzeffekt der Gesamtstrahlung beträgt in diesem Falle 68 %, die mittlere Lichtstärke 2 HK/W. Die Spektralkennlinie des untersuchten Sulfids hat ein Maximum in der Nähe der Höchstempfindlichkeit des Auges und zwei weitere (stärkere) Maxima im Blauen. Dabei liegt die Lichtstärke im Grünen bedeutend unter der für dieselben Wellenlängen mit Silikaten erreichbaren. Der visuelle Nutzeffekt beträgt nur noch 36 %. Leuchtstoffe der Wolfram-(Molybdän-)Gruppe zeigen schließlich einen ersten Strahlungshöchstwert im Ultravioletten und darauf ein weiteres Ansteigen nach kürzeren Wellen hin, vom ersten Höchstwert bis zur Sichtbarkeitsgrenze aber einen ziemlich steilen Abfall, so daß der visuelle Nutzeffekt hier nur noch 20 % beträgt.

Für die Verwendbarkeit der einzelnen Gruppen von Leuchtstoffen ergeben sich bei Betrachtung der angeführten Kennlinien folgende Möglichkeiten: Willemit eignet sich wegen seiner leuchtend grünen Farbe am besten als Leuchtschirm für Beobachtungen mit dem Auge; seine lange Leuchtdauer verhindert ein Flackern und ermöglicht die Beobachtung sehr niederfrequenter Schwingungsvorgänge. Die Sulfide liefern Bilder, die sich bei nicht sehr schneller Filmgeschwindigkeit sehr gut photographieren lassen und eignen sich daher zur Verwendung beim Aufzeichnen von Schwingungsvorgängen mittlerer Frequenz. Die ausgesprochen kurze Leuchtdauer der Wolfram- (und Molybdän-)Verbindungen ermöglicht endlich die photographische Aufzeichnung sehr schneller Schwingungsvorgänge. Ihr Strahlungsmaximum liegt überdies gerade im Violetten und Ultravioletten, wo die Filme gewöhnlich am

Digitized by Google

empfindlichsten sind. Während die Leuchtstoffe nach der Größe des visuellen Nutzeffektes von den Silikaten über die Sulfide nach dem Wolfram- (und Molybdän-) Verbindungen hin schlechter werden, muß diese Reihenfolge bei Betrachtung des photographischen Nutzeffektes umgedreht werden. [Perkins u. Kaufmann, Proc. Instn. Radio Engr. 23 (1935) S. 1324.] *E. C. M.*

Hochspannungstechnik.

621. 313. 12. 015. 33. 001. 5 **Die Berechnung der Zündschwingung eines vielstufigen Marxschen Stoßgenerators.** — Für die Erzeugung einer glatten, oberschwingungsfreien Stoßspannungswelle ist bei vielstufigen Marxschen Stoßgeneratoren die richtige Dämpfung der Zündschwingung des Generators von großer Bedeutung. Unter vereinfachenden Annahmen über die im Generator verteilten Quer- (K) und Erdkapazitäten (C), Induktivitäten (L) und Widerstände (R) wird daher der Eigenschwingungsvorgang für den Fall gleichzeitiger Zündung aller Zwischenfunkenstrecken aus dem Kettenleiterschema des Stoßgenerators mit Hilfe des Heavisideschen Entwicklungssatzes genau berechnet. Es zeigt sich, daß der idealisierte Generator außer in der Grundwelle mit $\lambda = 4\,l$ in einer unendlichen Anzahl von ungeradzahligen Harmonischen schwingt, deren Frequenz sich aus der Formel:

$$\omega_\nu = \sqrt{\frac{1}{L\cdot\left(K + \frac{4\,C}{(2\,\nu-1)^2\cdot\pi^2}\right)} - \frac{R^2}{4\,L^2}}$$

ergibt. (L, K, C und R sind die auf die Längeneinheit bezogenen elektrischen Größen.) Die Amplituden der höheren Harmonischen nehmen jedoch nach dem Gesetz

$$\frac{8\,U}{(2\,\nu-1)^2\cdot\pi^2}$$

mit wachsender Ordnungszahl rasch ab. Der mit dem Kathodenoszillographen aufgenommene wirkliche Schwingungsverlauf an einem ausgeführten 15stufigen Stoßgenerator zeigt gegenüber dem berechneten Verlauf außer der Grundschwingung eine weitere Oberschwingung stark ausgeprägt, welche von zwei räumlich weit ausgedehnten Querrahmen an der 6. und 11. Stufe herrührt. Dabei spielt auch die in Wirklichkeit verspätete Zündung der oberen Zwischenfunkenstrecken eine entscheidende Rolle. — Zur restlosen Dämpfung der Oberschwingung ist ein wesentlich größerer Reihenwiderstand im Generator erforderlich, als für die Dämpfung der Grundschwingung ausreichend wäre. Durch den entstehenden Spannungsverlust im Dämpfungswiderstand wird aber der Ausnutzungsfaktor der Anlage bei kurzen Stoßwellen stark herabgesetzt. [R. Elsner, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 7, S. 445.]

Chemie.

621. 313 : 620. 15 : 542 **Von der Arbeit des Chemikers im Elektromaschinenbau.** — Zwei Männer aus der Praxis, die in den Werkstoffprüflaboratorien großer schweizerischer elektrotechnischer Werke reiche Erfahrungen gesammelt haben, berichteten in einer Versammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins über ihre Tätigkeit. Sie wiesen nach, daß im Elektromaschinenbau auch der Chemiker ein gewichtiges Wort mitzureden habe, besonders bei der Auswahl, Erforschung und Prüfung der Werkstoffe. Schon bei der Beurteilung metallischer Werkstoffe sind Kenntnisse in der Chemie bzw. Hüttenchemie außerordentlich erwünscht; für das Sonderfach des Metallanalytikers bilden sie die selbstverständliche Voraussetzung. Besonders notwendig ist aber die Mitwirkung des Chemikers bei der Beurteilung der Isolierstoffe.

Der Vortragende sprach zunächst darüber, welche (bekannten) Schlüsse mit Hilfe der Metallographie aus dem mikroskopischen Kleingefügebild und aus dem Zustandsschaubild gezogen werden können. Die Ursache gewisser Seigerungen und Korrosionen, von schwerer Bearbeitbarkeit und von Dauerbrüchen wurde an einigen Beispielen ganz kurz gestreift, um dem Elektromaschinenbauer den Nutzen der Untersuchung metallischer Werkstoffe wenigstens anzudeuten. Über die Untersuchung der Isolieröle ist etwas mehr gesagt. Die Vorteile der schweizerischen Prüfweise, vor allem die Anwendung einer Prüftemperatur von nicht über 110° und die Feststellung des Grades der Baumwollfestigkeitsabnahme wurden hervorgehoben. Zum Schluß sprach der Vortragende über die Isolierlacke. Die wesentlichen Unterschiede zwischen Schellack- und anderen Naturharzlösungen, den Öllacken und den Kunstharzlacken wurden ganz allgemein behandelt.

In der sich anschließenden Aussprache, in der der Vorsitzende, Herr M. Schießer, die Bedeutung der Ausführungen des Vortragenden unterstrich, wurden wertvolle ergänzende Mitteilungen durch Dr. Stäger gebracht. Dieser wies bei der Besprechung der Dauerwechselfestigkeit der metallischen Werkstoffe hin auf den Einfluß der Form des beanspruchten Stückes, so kann der Konstrukteur durch wohldurchdachte Formgebung die Spitzenbeanspruchung bekanntlich erniedrigen, auf den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit und auf den überaus schädigenden Einfluß etwa vorhandener Korrosion. Interesse bieten die Ergebnisse von Korrosionsversuchen an Kondensatorrohren aus drei verschiedenen Messinglegierungen. Die Beseitigung der Reckspannungen durch Glühen empfiehlt sich unter allen Umständen. Bei Rohren aus Legierung 60/40 ($\alpha + \beta$) muß mit einer Entzinkung gerechnet werden. Von einem gezogenen Rundstahl, der dauernd der Temperatur, bei der er grobkörnig rekristallisiert, ausgesetzt war, wurde die überraschende Tatsache berichtet, daß er infolge innerer Deformationsspannungen viereckigen Querschnitt bekam. Der Vortragende erwähnte dann noch einige interessante Beispiele sogenannter topochemischer Vorgänge, das sind chemische Vorgänge, deren Ablauf abhängig ist von den jeweiligen Verhältnissen am Ort der Reaktion. Als Beispiele wurden u. a. genannt elektrolytisch erzeugte Niederschläge von Nickel (hochdispers glänzend, grobdispers matt) und das verschiedene Verhalten von Bleiglätteglyzerinkitten (gespachtelt besser als gegossen). Zuletzt wurde festgestellt, daß diese wenigen Beispiele bei weitem nicht ausreichen, um auch nur einen kleinen Überblick über die neuzeitliche Werkstoffkunde zu geben, daß aber aus ihnen die zunehmende Bedeutung der Beratung des Konstrukteurs durch den Werkstoff-Fachmann hervorgehe. [W. Boller, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 281.] *Lst.*

Werkstatt und Baustoffe.

621. 367 : 621. 791 : 669. 71 **Stand der elektrischen Punktschweißung für Aluminium und seine Legierungen.** — Die Verfasser geben einen Überblick über die Entwicklung der elektrischen Punktschweißung von Aluminium und seinen Legierungen unter besonderer Berücksichtigung der physikalischen und der chemischen Vorgänge, die sich während der Schweißung im Werkstoff abspielen. Aus den vorliegenden Erfahrungen werden hinsichtlich einer werkstoffgerechten Schweißführung namentlich für hochfeste Legierungen wie Duraluminium und Hydronalium Vorschläge über die zweckmäßigste Art der Schweißführung abgeleitet. Danach soll die Güte der Schweißung durch eine zeitlich veränderliche Schweißdruck- bzw. Schweißstrombemessung gesteigert werden. — Einleitend wird eine kurze Übersicht über die autogene Aluminiumschweißung gegeben und an Hand von Festigkeitszahlen der bisher erzielte Fortschritt dargelegt. Nach einer eingehenden Besprechung der für jede Aluminiumschweißung bestehenden grundsätzlichen Schwierigkeiten werden die zur Behebung derselben für die elektrische Punkt- und Nahtschweißung vorgeschlagenen schweißtechnischen Maßnahmen erörtert. Besondere Berücksichtigung findet hierbei der Vorschlag, die Punktschweißung von einigen wichtigen Leichtmetallen als Rekristallisationsschweißung durchzuführen. Dieser Vorschlag, der eine Anzahl von Mängeln vermeidet, ist jedoch nur dann mit Erfolg durchführbar, wenn durch besondere Steuerorgane der Punktschweißmaschine der zeitliche Druck- und Stromverlauf verändert und jedem Werkstoff besonders angepaßt werden kann. Ferner berührt die Arbeit eine Reihe für die Punktschweißung wichtiger Fragen; es wird auf die Bedeutung der Elektrodenform hingewiesen, der Einfluß der Ausbildung des Schweißpunktes auf die Güte der Schweißung erörtert und schließlich eine vergleichende Übersicht über die statischen Punktfestigkeiten verschiedener Legierungen gegeben. [F. Bollenrath und W. Bungardt, Aluminium 18 (1936) S. 125.] *Vb.*

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Ungarns in den Jahren 1929 bis 1933.

621. 311. 1. (439)

Übersicht. Auf Grund der amtlichen Statistik werden Zahlen bezüglich Leistung, Erzeugung und Ausnutzung der öffentlichen Elektrizitätswerke, Landesversorgung, Verbrauch und Einheitspreise angegeben. Die Entwicklung seit 1933 sowie die voraussichtliche Weiterentwicklung der Elektrizitätsversorgung und die Beschäftigung der erzeugenden Industrie werden kurz gestreift.

Mitte 1935 ist der vierte Band der die Entwicklung der Elektrisierung Ungarns behandelnden Arbeitsreihe des Sektionsrates Stefan Pétery in der Ausgabe des königl.-ungarischen Handelsministers erschienen. Der vorliegende Band bezieht sich auf die Jahre 1930 bis 1933[1]). Die sorgfältig gesammelten und folgerichtig zusammengestellten statistischen Zahlen betreffen in der Hauptsache die Zahl und Leistungsfähigkeit der öffentlichen Kraftwerke, die Art der Antriebsmaschinen, Stromart, Periodenzahl und Ausnutzung der Anlagen, die Erzeugung und den Verbrauch der elektrischen Arbeit, insgesamt und je Einwohner, den Stand der Versorgung der Gemeinden des Landes, die Einheitspreise, das investierte Kapital und die industriellen Kraftwerke.

Da das Elektrisierungsgesetz vom Jahre 1931 im Oktober 1934 in Kraft getreten ist, behandelt die Statistik die letzten Jahre der auf Grund des Gesetzes vom Jahre 1888 erfolgten Entwicklung, sie bildet daher den Abschluß einer organisch zusammenhängenden Entwicklungsreihe. Die weitere Entwicklung erfolgt auf Grund des neuen Gesetzes.

Auch dem vierten Bande liegt eine ausführliche, handliche, in Farbdruck hergestellte viersprachige (ungarisch, deutsch, französisch und englisch) Karte (1 : 350 000) der Kraftwerke und Fernleitungen des Landes (Stand Ende 1934) bei.

Den Nachkriegsfortschritt bringt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Öffentliche Werke in der Zeit 1920—1933.

	1920	1933
Gesamtleistung, 1000 kVA	321	671
Leistung des größten Werkes, 1000 kVA	30	225
Gesamterzeugung, Mill kWh	200	728
Zahl der angeschlossenen Gemeinden	202	999
Erzeugung je Einwohner, kWh	24,7	84

Die Entwicklung hat seit 1929 ausschließlich Überlandcharakter. Seit 1930 wurden keine kleinen Werke errichtet. Die gesamte, wie auch die durchschnittliche Einzelleistung der Werke erhöhte sich, bei gleichzeitiger Verminderung der Zahl der Werke nach Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2. Leistung der öffentlichen Werke 1929—1933.

	1929	1931	1933
Zahl	190	173	155
Leistung, 1000 kVA	484	614	671
Leistung des größten Werkes, 1000 kVA	135	180	225
Mittlere Werkleistung, 1000 kVA	2,55	3,55	4,33
Leistung der Dampfwerke, 1000 kVA	452	580	639
Leistung der Drehstrom erzeugenden Werke, 1000 kVA	448	571	631

Ungünstig entwickelte sich die durchschnittliche Ausnutzung der Anlagen; 1925: 16 %, 1927: 18 %, 1929: 16 %, 1931: 14 % und 1933: 13 %.

Ende 1933 war die 50 Hz-Werkleistung 548 195 kVA, 81,7 % der gesamten Werkleistung; Ende 1929 war sie 70,1 %.

Die Erzeugung wurde durch die Wirtschaftskrise stark beeinflußt (Zahlentafel 3).

Vom Gesichtspunkte der allgemeinen Energiewirtschaft ist von großer Bedeutung, daß im Jahre 1933 schon

[1]) Magyarország villamoritásának fejlödése az 1930—1933 években. Von Stefan Pétery, 4. Bd. 118 S., mit zahlreichen Tafeln. Budapest 1935. Die ersten drei Bände behandelten die Jahre 1925, 1926 bis 1927 u. 1928 bis 1929. Vgl. ETZ 53 (1932) S. 387.

Zahlentafel 3. Erzeugung des Elektrizitätswerke 1929—1933.

	1929	1931	1933
Gesamterzeugung der öffentlichen Werke, Mill kWh	697	730	728
Erzeugung der öffentlichen Werke je Einwohner, kWh	86	84	84
Erzeugung sämtlicher Werke je Einwohner kWh	107	100	100

40 % der Erzeugung der öffentlichen Werke aus Abfallkohle, Lignit, Torf und ein unwesentlicher Teil aus Wasserkraft erfolgte, sowie, daß von der Gesamterzeugung nur 0,56 % auf Gleichstrom und 0,51 % auf Ein- und Zweiphasenstrom entfiel.

Die Angaben bezüglich Verteilung des Energieverbrauches sind in der Zahlentafel 4 zusammengefaßt.

Zahlentafel 4. Stromverbrauch 1925—1933.

Jahr	Gesamte Erzeugung	Gesamter Verbrauch	Verbrauch für			
			Private und Öffentliche Beleuchtung		Industrie	Bahnen
	Mill kWh					
1925	460,2	353,3	86,3	8,8	201,0	56,9
1926	533,3	414,5	103,6	11,3	231,3	68,3
1927	606,5	475,6	120,6	13,9	261,5	79,6
1928	653,6	520,6	134,1	17,0	279,1	90,4
1929	696,9	559,5	144,6	18,2	305,5	91,2
1930	724,7	581,8	122,6	20,9	350,7	87,6
1931	730,3	581,7	119,9	22,8	351,7	87,3
1932	687,1	532,8	113,8	22,2	315,9	80,9
1933	728,2	571,0	110,4	22,5	354,5	83,6

Die Landesversorgung hat Fortschritte gemacht (Zahlentafel 5). Ende 1933 betrug die Einwohnerzahl der versorgten Gemeinden 5,83 Mill, d. h. 67,1 % der Gesamtbevölkerung. Versorgt wurden die Kommitate Békés zu 91,9 %, Hajdu (89,1 %), Pest-Pilis-Solt (88,3 %), Veszprém (88,2 %), Jász-Nagykun (84,7 %), Baranya (84,4 %) und Csongrád (82,6 %), usw.

Zahlentafel 5. Umfang der Elektrisierung.

	1929	1931	1933
Zahl der angeschlossenen Gemeinden	761	875	999
Größte Zahl der von einem Kraftwerk versorgten Gemeinden	134	141	208
Einwohner der angeschlossenen Gemeinden in vH der Gesamtbevölkerung	61,4	65,0	67,1

Von 1925 bis 1933 wurden 214 Mill RM[2]) in elektrischen Einrichtungen investiert, in Anbetracht der finanziellen Verhältnisse des Landes eine bedeutende Summe.

Die Einheitspreise wurden — teils infolge der gesunden Preispolitik der Werke, teils infolge entsprechender Maßnahmen des Handelsministeriums (seit Mitte 1935 Ministerium für Industrie und Gewerbe) — mehrfach gesenkt.

Die in der Statistik angeführten Zahlen beweisen, daß die Entwicklung organisch und zielbewußt erfolgte, nur wurde das Ausmaß in hohem Grade durch die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse verlangsamt.

Es ist zu begrüßen, daß das Ministerium die Fortsetzung dieser wertvollen Arbeitsreihe nach vierjähriger Unterbrechung wieder veröffentlicht hat. Zu hoffen ist, daß die weiteren Ausgaben, welche für die planmäßige Elektrisierung des Landes unentbehrliche Unterlagen enthalten, in Zukunft wieder in höchstens zweijährigen Abständen erfolgen.

Die Entwicklung der Stromerzeugung wurde teils durch Anschluß von neuen Versorgungsgebieten, größtenteils jedoch durch die zielbewußte Werbetätigkeit und Preispolitik der Elektrizitätswerke erzielt.

[2]) 1 RM = 1,38 Pengö.

Digitized by Google

In 1929 bis 1932 wurden an Leitungen 1638, 1331, 1814 bzw. 1453 km ausgeführt; 1933 zeigt mit 553 km einen bedeutenden Rückgang. Die Leitungsbauten haben die angeschlossene Bevölkerungszahl um rd. 16 % erhöht.

Als Ergebnis der Werbetätigkeit haben sich weitere Industrieanlagen an öffentliche Elektrizitätswerke angeschlossen. Die Verwendung der elektrischen Arbeit für Industriewärme, Landwirtschaft und Haushaltzwecke hat Fortschritte gemacht. Die Entwicklung der nächsten Zukunft wird voraussichtlich in derselben Richtung erfolgen, die erzeugende elektrotechnische Industrie wird demnach größtenteils mit der Herstellung von Leitungsmaterial, Transformatoren, Motoren, Schaltapparaten, Zählern, Lampen, Geräten für Industriewärme und Haushaltzwecke u. a. m. beschäftigt sein.

Die zur Verfügung stehenden vorläufigen Angaben bezüglich Stromerzeugung von 1934 bis 1935 zeigen eine weitere, stetige Aufwärtsbewegung, deren Ausmaß sich — infolge der teils in Ausführung, teils in Vorbereitung befindlichen Leitungsbauten, sowie der organisierten Werbetätigkeit der Elektrizitätswerke — voraussichtlich nicht verlangsamen wird. Die vorhandenen Erzeugungsanlagen werden demnach schon in absehbarer Zukunft nicht ausreichen. Eine vorübergehende Abhilfe kann durch die vollkommene Ausnutzung der Verbundmöglichkeiten der in Betracht kommenden Elektrizitätswerke geschaffen werden. In einigen Jahren wird jedoch zur Errichtung eines neuen Großkraftwerkes geschritten werden müssen. Die Voruntersuchungen wurden seitens der zuständigen Stellen bereits in Angriff genommen. E. Wilczek.

621. 311. 1. 003 (485) **Der künftige Strombedarf Schwedens.** — In einem Gutachten über Bedarfsdeckung und Arbeitsfrieden, welches von Sachverständigen an die Regierung abgegeben wurde, wird in einem Abschnitt die weitere Elektrisierung des Landes geschätzt. Die Gutachter gingen davon aus, daß auch in Zukunft 90 bis 95 % des Strombedarfs durch Wasserkraft gedeckt werden sollen. Dies setzt voraus, daß die Verbesserung und Verbilligung der Wärmekraftmotoren durch eine Herabsetzung der Kosten der Wasserkraft beim Verbraucher ausgeglichen wird. Bis zum Jahre 1955 kann der eintretende Kraftbedarf unter voller Ausnutzung der Wasserkraft in Südschweden und im übrigen durch Kraftübertragung teils vom Indalsälv-Fluß, teils vom Kraftwerk Porjus in südlicher Richtung gedeckt werden. Die Stromerzeugung nach 20 Jahren wird auf $10{,}5 \cdot 10^9$ kWh geschätzt. Die vorhandenen Wasserkräfte enthalten dann weitere $20 \cdot 10^9$ kWh für die fernere Zukunft. Zur Übertragung dieser Strommengen aus den nördlichen nach den südlichen Teilen dürfte hochgespannter Gleichstrom verwendet werden. In den Jahren 1920 bis 1934 erhöhte sich der Verbrauch um $3{,}5 \cdot 10^9$ kWh oder rund $250 \cdot 10^6$ kWh im Jahre, wovon $85 \cdot 10^6$ kWh auf die staatlichen Werke entfallen. Nach Aufteilung für die verschiedenen Verwendungszwecke wurde eine Schätzung der erforderlichen Erzeugung im Jahre 1955, die in der Zahlentafel 1

Zahlentafel 1. Erzeugung elektrischer Arbeit in 10^6 kWh.

	1920	1934	Erhöhung gegenüber 1920	1955	Erhöhung gegenüber 1934
Bürgerliche Zwecke . .	240	950	710	2120	1170
Eisenbahnen	20	260	240	830	570
Großindustie	1590	3660	2070	5650	1990
Elektrochemische und elektrothermische Industrie	700	930	230	1400	470
Elektrische Dampfkessel	50	250	200	500	250
	2600	6050	3450	10500	4450

wiedergegeben ist, vorgenommen. Daraus geht die bekannte Tatsache hervor, daß die Großindustrie der größte Verbraucher ist (etwa 60 % sowohl im Jahre 1920 als auch 1934, wovon etwa die Hälfte auf Holzveredlung entfällt). Es wird jedoch damit gerechnet, daß der Stromverbrauch in der Holz- und Eisenindustrie in Zukunft etwas langsamer ansteigen wird. Der Anteil der elektrochemischen und elektrothermischen Industrie ging von 27 % im Jahre 1920 auf 15 % im Jahre 1934 zurück. Da diese Industrie von der Konjunktur stark abhängt, nimmt man an, daß der bisherige langsame Anstieg des Verbrauchs auch für den Zeitabschnitt bis 1955 anhalten wird. Die z. Z. in Ausführung begriffene Elektrisierung der Staatsbahnen wird im Jahre 1938 etwa 530 Mill. kWh oder 7,5 % der Gesamterzeugung entsprechen. Einige weitere Teilstrecken von Staats- und Privatbahnen dürften wohl auf elektrischen Betrieb in der betrachteten Zeit umgestellt werden, so daß der Verbrauch hierdurch und durch verbesserte Fahrpläne und erhöhte Fahrgeschwindigkeiten steigen wird. Zu beachten ist, daß hierzu „prima" (Dauer-) Kraft erforderlich ist, wogegen die Industrie sich zum Teil mit „Saison"-Kraft begnügt. Der Stromverbrauch für bürgerliche Zwecke ist in den letzten 15 Jahren stark gestiegen. Die Ansprüche auf gute Beleuchtung, die Mechanisierung der Arbeit durch den elektrischen Motor und die Deckung kleinerer Heizleistungen auf elektrischem Wege kennzeichnen diese Entwicklung.

Bei der Schätzung des Bedarfs im Jahre 1955 wurde unter Berücksichtigung der Umstände soweit möglich mit einer durchschnittlichen Zunahme der Erzeugung von 210 Mill kWh im Jahr gegenüber 250 Mill kWh im Jahr für den Abschnitt 1920 bis 1934 gerechnet.

Zur Förderung des Stromabsatzes werden verschiedene Maßnahmen ergriffen, darunter Ausbildung von Installateuren, Einrichtung von Materialprüfämtern, Ausbildung von Ingenieuren, Normalisierungs- und Forschungsarbeiten usw. Der Ausbau von Wasserkräften und Fernleitungen wird durch Anleihen aus staatlichen Leihgeldern erleichtert bzw. direkte Unterstützung zur Erschließung entlegener Gegenden vom Staate gegeben. Die Gemeinden können durch eine vernünftige Tarifpolitik, durch Werbung und eigenen Vertrieb der stromverbrauchenden Geräte den Absatz fördern. Die staatliche Krafterzeugung und -verteilung umfaßte 1934 etwa ein Drittel des Landes, darunter den nördlichen Teil, welcher ohnedies wahrscheinlich zurückgeblieben wäre. Sie hat die kommunale und private Erzeugung belebt und die Aufstellung angemessener Tarife erleichtert.

Zur Durchführung des angegebenen Programms mit Ausbau von Kraftwerken, Übertragungs-, Verteilungs- und Umspanneranlagen einschl. Ortsnetzen werden durchschnittlich 22 Mill RM[1]) im Jahr erforderlich. Die jährlichen Kosten für Verwaltung, Betrieb, Unterhaltung und Erneuerung der Anlagen ausschließlich Zinsen des investierten Kapitals und ausschließlich Brennstoff betragen etwa 37,5 Mill RM. Letztere Summe würde jährlich um etwa 0,94 Mill RM steigen und somit im Jahre 1955 etwa 56 Mill RM betragen. Die Jahreskosten zur Erzeugung und Neubeschaffung elektrischer Kraft würden somit für den Zeitabschnitt 1935 bis 1955 von 59 Mill RM auf 78 Mill RM zunehmen (ohne Zinsen und Brennstoff bzw. Wasserrecht). Die Ziffern deuten an, welche Beschäftigung die Elektrisierung bereitet. Hierzu kommen ferner die Kosten der Installationen, Motoren, Apparate, Glühlampen sowie Oefen, Triebwagen, Lokomotiven usw., der Stromverbraucher, welche etwa in derselben Größenordnung wie die Kosten des Krafterzeugers sein werden. [W. Borgquist, Svenska Vattenkraftföreningens Publikationer 288 (1936) H. 1.] *Hldn.*

621. 33:656. 4. 003. 1 **Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb?** — Wie schon vielfach im Ausland, so wird man auch in Deutschland mit fortschreitender Abnutzung der Gleisanlage und zunehmender Motorisierung die Frage zu entscheiden haben: Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb? In England und in den V. S. Amerika z. B., wo die Motorisierung schon wesentlich weiter fortgeschritten ist als bei uns, hat die Streckenlänge der Straßenbahnen im letzten Jahrzehnt infolge Aufgabe oder Zusammenschlusses von Betrieben um rd. 40 % abgenommen. Die Zahl der Straßenbahnfahrzeuge verringerte sich in England um 20 % und in Amerika um 45 %. Der Omnibusbetrieb hat dagegen im gleichen Zeitraum in beiden Ländern zugenommen; es erhöhte sich besonders die Zahl der Oberleitungsomnibusse, und zwar in England um das 10fache (heute 1350 Fahrzeuge) und in Amerika um das

[1]) 1 Reichsmark = 1,55 Kr.

Digitized by Google

30fache (heute 850 Fahrzeuge). Der Autobuspark erweiterte sich im letzten Jahrzehnt in Amerika um 19 000 und in England um 5000 Fahrzeuge. Die fortschreitende Motorisierung und die Schwierigkeit der Kapitalbeschaffung für die Erneuerung von Straßenbahngleisen werden in Deutschland zweifellos eine ganz ähnliche Entwicklung der Nahverkehrsverhältnisse wie in England und Amerika auslösen. Die Straßenbahn auf nichteigenem Bahnkörper wird nach Abnutzung der Gleisanlage nur noch in Ausnahmefällen beibehalten und erneuert, meist jedoch durch das schienenlose Verkehrsfahrzeug, den Omnibus mit Elektro- oder Verbrennungsmotor, ersetzt werden.

Der Verbrennungsmotor eignet sich jedoch nach allen bisherigen Betriebserfahrungen, die zudem meist teuer erkauft werden mußten, fahrtechnisch sowie betriebs- und volkswirtschaftlich nicht entfernt so gut wie der Elektromotor für den Antrieb von Stadtomnibussen, wenn auch der Dieselmotor durch sparsameren Verbrauch des billigen Gasöls zunächst viele städtische Autobusbetriebe vor dem finanziellen Zusammenbruch bewahrte. Von besonderer Bedeutung aber ist heute der heimische Ursprung der elektrischen im Oberleitungsomnibus angewendeten Antriebskraft, während das Gasöl des Dieselmotors 1935 noch zu 90 % aus dem Ausland eingeführt werden mußte.

Bei der Beantwortung der Frage: Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb? muß jedoch vor allem die Betriebswirtschaftlichkeit entscheidend berücksichtigt werden, wie an dem Beispiel einer 11 km langen zweigleisigen Straßenbahnlinie gezeigt werden soll, die im Industriegebiet seit Jahren betrieben wird und entweder erneuert oder durch Oberleitungs- oder Dieselomnibusse ersetzt werden soll. Die Triebwagen verkehren in Abständen von 6 min während 21 Betriebsstunden am Tage, im Spitzenverkehr mit je einem Anhängewagen. Die Reisegeschwindigkeit beträgt bei allen drei Betriebsarten 17,5 km/h mit Anhänger gegenüber 14 km/h früher. Die Erneuerung des Straßenbahnbetriebes kostet dann 2,55 Mill, die Einrichtung von Obusbetrieb 1,265 Mill und von Dieselomnibusbetrieb 1,204 Mill RM. Rechnet man mit einem ortsüblichen Strompreis von 8 Rpf/kWh im Straßenbahn- und Obusbetrieb oder mit den Treibkraftkosten von 10,6 Rpf/Rkm im Straßenbahnbetrieb (Stromverbrauch = 1,33 kWh/Rkm) und 16 Rpf/Rkm im Obusbetrieb (Stromverbrauch = 2 kWh/Rkm), ferner mit einem Gasölpreis von 16 Rpf/l oder Treibkraftkosten von 9,6 Rpf/Rkm im Dieselbusbetrieb (Gasölverbrauch = 0,6 l/Rkm), so betragen die

Gesamtbetriebskosten

im Straßenbahnbetrieb . . .	47,4 Rpf/Rkm
im Obusbetrieb	54,3 „ „
im Dieselbusbetrieb	58,1 „ „

also im Obusbetrieb rd. 15 % mehr als im Straßenbahnbetrieb und im Dieselbusbetrieb 7 % mehr als im Obusbetrieb. Dieser letzte geringe Unterschied in den Betriebskosten ist hauptsächlich auf die heute noch verhältnismäßig niedrigen Treibstoffkosten von 16 Rpf/l oder 9,6 Rpf/Rkm im Dieselomnibusbetrieb zurückzuführen. Rechnet man dagegen mit den gleichen kilometrischen Treibkraftkosten, wie sie heute im Dieselbetrieb gelten, auch im Straßenbahn- und Obusbetrieb, also mit 9,6 Rpf/Rkm oder mit den entsprechenden kWh-Preisen von 7,2 Rpf im Straßenbahn- und 4,8 Rpf im Obusbetrieb, die also 10 % (Straßenbahn) und 40 % (Obus) niedriger sind als der heute ortsübliche kWh-Preis von 8 Rpf, so sind die Betriebskosten im Obusbetrieb nur 3 % größer als im Straßenbahnbetrieb, die Betriebskosten im Dieselbusbetrieb dagegen 21 % größer als im Obusbetrieb.

Vergleicht man an Hand dieser Betriebskosten die Wirtschaftlichkeit, so beträgt wieder bei 8 Rpf/kWh und 16 Rpf/l Gasöl

im Straßenbahnbetrieb der Überschuß . .	8,6 %
im Obusbetrieb der Überschuß	3,4 %
im Dieselbusbetrieb der Verlust	4,5 %
vom Anlagekapital,	

und bei gleichen kilometrischen Treibkraftkosten von 9,6 Rpf/Rkm in allen drei Betrieben oder 7,2 Rpf/kWh (Straßenbahn), 4,8 Rpf/kWh (Obus) und 16 Rpf/l Gasöl

im Straßenbahnbetrieb der Überschuß . .	9,6 %
im Obusbetrieb der Überschuß	16,3 %
im Dieselbusbetrieb der Verlust	4,5 %
vom Anlagekapital.	

Der Dieselbusbetrieb scheidet somit wegen Unwirtschaftlichkeit aus. Die Frage lautet nunmehr: Erneuerung der Straßenbahn oder Obusbetrieb? Die Höhe des Strompreises aber entscheidet diese Frage; denn der Obus, der 50 % mehr Strom verbraucht als die Straßenbahn, arbeitet bei Strompreisen unter 6 Rpf/kWh wirtschaftlicher, bei Strompreisen über 6 Rpf/kWh aber unwirtschaftlicher als die Straßenbahn. Aber auch wenn die Straßenbahn-kWh 6 bis 12 Rpf kostet und die Obus-kWh dem Strommehrverbrauch entsprechend 6 bis 8 Rpf und somit beide Betriebe gleich wirtschaftlich arbeiten, dürfte die Frage stets zugunsten des Obusbetriebes zu entscheiden sein und damit zugunsten jenes schienenlosen elektrischen Verkehrsfahrzeuges der Zukunft, das keine kostspielige Gleisanlage benötigt, im Gegensatz zum Omnibus mit Verbrennungsmotor ausschließlich heimischen Treibstoff verbraucht und nicht nur eine im Zeitalter der Motorisierung technisch einwandfreie, sondern vor allem auch wirtschaftliche Nahverkehrsbedienung ermöglicht. [W. Stuckhardt, AEG-Mitt. (1936) S. 203.] *Vb.*

[Im „Angriff, Tageszeitung der DAF", Nr. 135 v. 11. 6. d. J. wird über Ausführungen berichtet, die der Verkehrsdezernent der Stadt Berlin, Herr Stadtrat Engel, gelegentlich der Zweiten Deutschen Betriebswirtschaftstagung über die Vorteile der Oberleitungsomnibusse gemacht hat. Dabei wurde besonders auf die Beweglichkeit des Obus hingewiesen, die ebenso groß wie die des Benzinomnibus ist, und auf die vollkommene Geräusch- und Geruchlosigkeit, die im Straßenverkehr ganz besonders wichtig ist. Auch die geringen Unterhaltungskosten des Obus und seine Unempfindlichkeit gegen Hitze und Kälte sind von großer Bedeutung. Die bisher noch geringe Anwendung des Obus in Deutschland bedauert Herr Engel außerordentlich, zumal auch eine stärkere Obusverwendung unsere Treibstoffversorgung günstig beeinflussen und dazu verhelfen würde, flüssige Treibstoffe für andere Fahrzeuge freizumachen. Die Wiss. Ltg.]

621. 316. 1. 003. 2 : 631. 37 (73) **Der Staat Jowa in den V. S. Amerika fördert den Ausbau seiner landwirtschaftlichen Stromversorgung.** — Frank D. Paine, Elektroingenieur bei der Extension Service, Jowa State College, hat eine Reihe von Denkschriften und Fragebögen über die Möglichkeiten bearbeitet, die Elektrisierung der landwirtschaftlichen Gebiete des genannten Staates mit Mitteln der öffentlichen Arbeitsbeschaffung weiterzutreiben.

Das Ergebnis dieser Arbeit läßt sich ungefähr in folgender Übersicht zusammenfassen:

Geschätzte Kosten für den Leitungskilometer 2 835,— RM
Die Summe enthält alle Kosten für Zuleitung, Umspanner, Blitzschutz usw., ohne Zähler und Hausinstallation.

Bei 1,8 Abnehmern je km (0,3 Abnehmer je Meile) entfällt auf den einzelnen Abnehmer 1 575, — „

An festen Kosten entstehen folgende Ausgaben:

	monatlich
1. Baukostenabgabe	6,30 RM
2. Zinsen	2,10 „
3. Betriebskosten	1,26 „
4. Versicherung	0,63 „
5. Unterhaltung	2,52 „
6. Abschreibung	6,30 „
Gesamt-Festkosten monatlich	19,11 RM

Dazu kommen noch die laufenden Kosten:

Bei einem Strompreis von 12,6 bis 16,8 Rpf/kWh und einer Abnahme von 100 kWh monatlich	12,60 bis 16,80 RM
Gesamtkosten monatlich	31,71 bis 35,91 RM

W. E. Herring widerspricht dieser Berechnungsform: Besondere Baukosten-Abzahlungsfonds sind unnötig, da alle Pläne in 20 Jahren einschließlich Verzinsung amortisiert werden müssen. Daher stellt eine Zahlung von Baukostenabzahlungen eine Doppelbelastung für den Verbraucher dar.

Bei Wegfall der oben unter Pos. 1 angeführten Summe von 6,30 ermäßigen sich damit die Stromkosten auf 25,41 bis 29,61 RM.

Bei der Kalkulation der neu geplanten Leitungen wird in den bekanntgegebenen Denkschriften mit großer

Digitized by Google

Offenheit vorgegangen, so daß der Farmer unvoreingenommen sich mit der Frage beschäftigen kann, ob die Elektrizität bei den zu erwartenden Kosten ihm Vorteile bieten kann oder nicht. [Electr. Wld., NY., 105 (1935) S. 2217.] *v. W.*

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Fernsprechstellen der Welt[1]). — Erstmalig seit 1932 hat die Verbreitung des Fernsprechers in der Welt wiederum eine Ausweitung erfahren. Nachdem während der Weltwirtschaftskrise eine Verminderung der Sprechstellen um 7 % eingetreten war, nämlich von 35,1 auf 32,5 Mill, erhöhte sich der Bestand an Sprechstellen bis Anfang 1935 wiederum auf 33,5 Mill. Die Sprechstellendichte (auf 100 Einwohner) stellte sich in gleichem Zeitpunkt auf 1,58 gegen 1,80 im Jahre 1932 (Zahlentafel 1).

Zahlentafel 1. Fernsprechstellen der Welt.

Jahr	Anzahl in Mill	Sprechstellen auf 100 Einwohner
1925	26,0	1,40
1929	32,7	1,70
1932	35,1	1,80
1933	32,9	1,61
1934	32,5	1 54
1935	33,5	1,58

Im Verhältnis der einzelnen Länder haben sich in den letzten Jahren keine wesentlichen Verschiebungen ergeben (Zahlentafel 2). Wie bisher führen die V. S. Amerika hinsichtlich der Anzahl der Sprechstellen und der Dichte, denen Kanada, Neuseeland und einige nordeuropäische Länder folgen. In Deutschland hat sich die Sprechstellendichte von 4,5 auf 4,7 erhöht; immerhin bleibt die Verbreitung des Fernsprechers noch hinter dem bisherigen Höchststand von 1930/31 zurück. Das Aufholen Europas in der Verwendung des Fernsprechers hat sich in dem hier betrachteten Zeitraum erneut fortgesetzt. Europa steigerte seinen Anteil an den Fernsprechstellen der Welt von 28 % (1929) auf 36 % (1935), während sich der Nordamerikas im gleichen Zeitraum von 64 % auf 54 % verminderte. Als Länder mit stärkerem Ausbau ihres Fernsprechwesens in neuester Zeit sind Schweden, die Schweiz, die Südafrikanische Union und Japan zu nennen. In diesen Staaten ist die heute erreichte Sprechstellendichte größer als in allen Vorjahren.

Zahlentafel 2. Fernsprechstellen in wichtigen Ländern*).

Erdteile und Länder	Fernsprechstellen zu Jahresanfang: Anzahl in 1000			auf 100 Einw.	
	1933	1934	1935	1933	1935
Europa	**11 057**	**11 307**	**12 029**	**2,0**	**2,13**
Deutschland[1])	2 960	2 954	3 134	4,5	4,7
Belgien	310	317	323	3,8	3,9
Dänemark[1])	357	365	378	9,8	10,3
Frankreich	1 292	1 350	1 400	3,1	3,3
Großbritannien[2])	2 146	2 226	2 366	4,6	5,1
Italien[3])	467	483	516	1,1	1,2
Niederlande	333	343	353	4,1	4,2
Schweden	578	591	617	9,3	9,9
Schweiz	346	364	383	8,4	9,3
Ungarn	111	111	122	1,3	1,4
Nordamerika	**18 900**	**18 107**	**18 276**	**11,0**	**10,5**
Kanada	1 262	1 192	1 194	12,0	11,0
V.S.Amerika	17 424	16 711	16 869	13,9	13,4
Südamerika	**666**	**652**	**686**	**0,7**	**0,75**
Argentinien	318	312	323	2,7	2,7
Brasilien	171	171	193	0,4	0,4
Chile	44	46	50	1,0	1,1
Afrika	**258**	**272**	**290**	**0,2**	**0,2**
Ägypten	45	47	50	0,2	0,23
Südafr. Union[1])	116	127	140	1,4	1,6
Asien	**1 342**	**1 421**	**1 504**	**0,1**	**0,14**
China	147	154	164	0,03	0,04
Japan[1])	965	1 015	1 068	1,4	1,6
Oceanien	**738**	**737**	**756**	**0,8**	**0,8**
Australien[3])	485	488	501	7,4	7,5
Neuseeland[1])	156	155	159	10,1	10,2
Welt insgesamt	**32 941**	**32 496**	**33 540**	**1,61**	**1,58**

*) Quelle: Telephone and Telegraph Statistics of the World, herausgegeben von der American Telephone and Telegraph Co.
[1]) Stand am 31. 3. des gleichen Jahres bzw. Jahr vom 1. 4. bis 31. 3.
[2]) Einschließlich Nordirland.
[3]) Stand am 30. 6. des Vorjahres bzw. Jahr vom 1. 7. bis 30. 6.

[1]) S. a. ETZ 56 (1935) S. 1186.

Kanadas Rundfunkindustrie. — Kanada ist in den Nachkriegsjahren in steigendem Umfang dazu übergegangen, seinen Bedarf an Rundfunkgeräten durch eine Eigenerzeugung zu decken[1]). Heute hat die nationale Funkindustrie die Versorgung des heimischen Marktes nahezu völlig selbst übernommen. Die Anzahl der erzeugten Geräte (Zahlentafel 1) hatte 1931 gegenüber 1925 um das Sechsfache zugenommen. Der Wert war neunmal so groß. In der Folge blieb auch die kanadische Rundfunkindustrie von der Krise nicht unberührt. Bei einer erheblichen Steigerung der Stückzahlen von 1930 auf 1931 verminderte sich sogar der Wert, was auf den Preisverfall hindeutet, wogegen sich von 1934 auf 1935 die umgekehrte Entwicklung durchsetzte. Bei nur geringfügiger Erhöhung der Stückzahl der hergestellten Rundfunkempfänger stieg der Erzeugungswert um rd. 50 %. Insgesamt stellte die kanadische Rundfunkindustrie 1935 189 800 Empfangsgeräte mit einem Erzeugungswert von 48,2 Mill RM her, hat also seit dem Tiefstand von 1933 ihre Herstellung um gut die Hälfte erweitert. Im Vergleich mit dem bisherigen Höchststand von 1931 bleibt der gegenwärtige Erzeugungsumfang der Stückzahl nach jedoch immer noch um 35 %, dem Wert nach um 37 % zurück.

Zahlentafel 1. Herstellung von Rundfunkempfängern in Kanada.

Jahr	Anzahl	Erzeugungswert*) in 1000 RM**)	Jahr	Anzahl	Erzeugungswert*) in 1000 RM**)
1925	48 531	9 567	1930	170 082	80 627
1926	42 430	9 463	1931	291 711	77 935
1927	47 500	15 747	1932	121 468	28 598
1928	81 032	31 441	1933	112 273	18 484
1929	150 050	65 537	1934	188 710	32 046
			1935	189 709	48 159

*) Fabrikpreise.
**) Umrechnung in RM: für 1925 bis 1933 1 can. Doll. = rd. RM 4,20, von 1933 bis 1935 (Währungsentwertung) unter Berücksichtigung der veränderten Binnenkaufkraft des can. Doll.

Zahlentafel 2. Art der verkauften*) Rundfunkempfänger in Kanada (Anzahl).

Gerätearten	1930	1932	1934	1935
Netzanschlußgeräte	212 964	125 224	129 174	135 088
Tischempfänger	186 494	120 317	57 534	55 373
Schrankgeräte			70 526	79 284
Empfänger mit Plattenspieler	26 470	4 907	1 114	431
Batterieempfänger**)	9 682	7 680	25 298	38 658
Tischempfänger	1 477	1 353	9 433	21 444
Schrankgeräte	8 205	6 327	15 865	17 214
Kraftwagen- und Kofferempfänger	582	550	12 705	16 543
Insgesamt	223 228	133 454	167 177	190 289

*) Industrieverkäufe an den Handel.
**) Ohne Kraftwagenempfänger u. dgl.

Zahlentafel 2 gibt einen Überblick über die Art der verkauften Rundfunkempfänger. Danach haben sich bis zum vorigen Jahr der Kraftwagen- und Kofferempfänger sowie andere Batteriegeräte gegenüber den Netzanschlußgeräten stärker durchgesetzt. Während im Jahre 1930 noch 96 % aller verkauften Empfänger Netzanschlußgeräte waren, entfielen auf diese Gerätegruppe 1935 nur noch 72 %. Die größte Steigerung verzeichnet die Gruppe der Kraftwagen- und Kofferempfänger, wobei es sich hauptsächlich um das den Verhältnissen in den V. S. Amerika ähnliche Vordringen des Kraftwagenempfängers handelt. In letztgenannter Gruppe wurden 1935 16 543 Geräte von der Industrie an den Handel abgegeben, gegenüber erst 550 im Jahre 1932. Auffallend ist unter den Netzanschlußgeräten die stark rückläufige Bewegung für Empfänger, die mit einem Plattenspieler versehen sind. In der kanadischen Rundfunkindustrie befassen sich gegenwärtig 13 Unternehmen mit der Herstellung von Rundfunkempfangsgeräten, unter denen sich Niederlassungen von General Electric, Marconi, Westinghouse und Philco befinden.

[1]) Nach den Erhebungen des Dominion Bureau of Statistics.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Die Volltagung der IFK in Budapest.

Die diesjährige 17. Volltagung der IFK (Installationsfragenkommission) wurde vom 7. bis 13. Mai 1936 in Budapest abgehalten. Ebendort waren am 6. Mai schon die Vertreter der Prüfstellen der an den IFK-Arbeiten beteiligten Länder zu ihrer 11. Sitzung zusammengetreten, und am 14. Mai tagte die Unterkommission für Koch- und Heizgeräte.

Bis auf die Länder Belgien und Österreich, deren Vertreter an der Teilnahme verhindert waren, hatten alle an den IFK-Arbeiten beteiligten 13 europäischen Länder[1]) ihre Vertreter entsandt, und zwar teilweise außer den ständigen Mitgliedern auch Sachverständige für einzelne Sondergebiete. Den Verhandlungen über Glühlampen wohnten außerdem ein Vertreter des Internationalen Glühlampen-Kartells (Phoebus) sowie ein Delegierter aus England bei. Deutscherseits haben neben den ständigen Delegierten noch verschiedene vom Deutschen Ausschuß der IFK benannte Sachverständige für die einzelnen zur Verhandlung stehenden Sondergebiete teilgenommen.

Der Sitzung der IFK in Budapest waren umfangreiche Beratungen der deutschen Vertreter und VDE-Ausschüsse vorangegangen. Auf Grund dieser Vorarbeiten war es möglich, verschiedene Änderungen der von der IFK in Aussicht genommenen Bestimmungen herbeizuführen. — Von den in der Volltagung zur Verhandlung gekommenen Beratungsgegenständen sind die Anforderungen an Rundfunk- und Verstärkergeräte, IS-Schalter, Bajonettfassungen, Glühlampen, Kombinationen aus Steckdosen und Dosenschalter endgültig zum Abschluß gebracht worden, so daß sie lediglich noch vom Redaktionsausschuß zu überarbeiten sind und dann in Druck gegeben werden können. Schließlich wurden noch endgültig verabschiedet die „Anforderungen an Steckvorrichtungen mit mehr als 10 A Nennstromstärke zur Verwendung in Wohnungsanlagen", eine Arbeit, deren besondere Bedeutung in der einheitlichen Normung eines Systems von Steckvorrichtungen mit Flachkontakten liegt.

Außer diesen ergänzenden Bestimmungen zu den schon aus dem Jahre 1931 stammenden „IFK-Vorschriften für Steckvorrichtungen" konnte noch über eine weitere Ergänzung für gekapselte Steckvorrichtungen, d. h. solche für besonders hohe mechanische Beanspruchungen, eine Einigung erzielt werden, so daß voraussichtlich in der nächsten IFK-Tagung ein endgültiger Beschluß über dieses ebenfalls Flachkontakte aufweisende System gefaßt wird. Zu den der Beratung in der Unterkommission noch unterliegenden „Anforderungen an Geräteschalter" wurde grundsätzlich beschlossen, sie nicht als selbständige Arbeit, sondern als einen Anhang zu den schon seit dem Jahre 1931 vorliegenden IFK-Vorschriften für Dosenschalter auszugestalten.

Erstmalig wurde über „Anforderungen an Stecker aus Weichgummi" beraten. Sie sind als ergänzende Sonderanforderungen für diese Steckerart zu den „IFK-Vorschriften für Steckvorrichtungen" gedacht, bedürfen aber noch weiterer Beratung. Aber auch aus den Gebieten der schon abgeschlossenen und in der Anwendung befindlichen IFK-Anforderungen sind wichtige Fragen erörtert worden. Dabei handelte es sich sowohl um Abänderungen, die sich auf Grund von Schwierigkeiten bei der praktischen Durchführung der IFK-Anforderungen als notwendig herausgestellt hatten, als auch um Ergänzungen, die als erforderlich erkannt worden waren, um gewisse noch bestehende Lücken auszufüllen. So wurde z. B. die bisher einheitlich auf 30 cm festgelegte Fallhöhe des IFK-Fallhammer-Prüfgerätes zur Prüfung der mechanischen Festigkeit von Abdeckungen nachträglich ermäßigt, und zwar auf

25 cm für Aufputzapparate und
15 cm für Unterputzapparate.

Als eine besonders bedeutsame Ergänzung ist noch ein Prüfverfahren zur Bestimmung der „Kriechstromfestigkeit" von Isolierpreßstofferzeugnissen hervorzuheben. Auf Grund eingehender Voruntersuchungen in den verschiedenen Ländern konnte in Budapest ein Prüfverfahren vereinbart werden, das nunmehr bei allen beteiligten Prüfstellen erprobt werden soll, um die für die endgültige Ausgestaltung eines solchen Prüfverfahrens nötigen Unterlagen zu gewinnen. Die Bedeutung dieses Prüfverfahrens ist vor allem darin zu erblicken, daß es die Beseitigung der an manchen Stellen heute noch bestehenden Abneigung gegen die Verwendung von Isolierpreßstoff als Träger spannungführender Teile erhoffen läßt, und daß es auch möglicherweise die sogenannte Glühkonusprüfung, die sich nicht als voll befriedigend erwiesen hat, wird entbehrlich machen können.

Wenn auch die IFK noch eine Reihe von umfangreichen Arbeitsgebieten, wie z. B. Geräteschalter, Koch- und Heizgeräte, Verlegungs- und Verbindungsmaterial, in Behandlung hat, so gab doch die vorerwähnte endgültige Verabschiedung von nicht weniger als 6 bisher bearbeiteter Beratungsgegenstände Veranlassung, zu überlegen, für welche sonstigen elektrotechnischen Erzeugnisse nunmehr noch Bestimmungen in Angriff genommen werden müssen, soweit sich hierfür infolge der Betätigung der jetzt in allen IFK-Ländern eingerichteten Prüfstellen ein Bedürfnis herausgestellt hatte. Als maßgeblich ergab sich hierfür vor allem die in den verschiedenen Ländern entstandene Notwendigkeit, der mehr und mehr sich ausbreitenden staatlichen Überwachung all der elektrotechnischen Erzeugnisse, die in die Hände von Laien kommen, durch Schaffung einschlägiger Vorschriften Rechnung zu tragen. Von den deutschen Vertretern wurden starke Bedenken gegen die Inangriffnahme weiterer Arbeiten durch die IFK vorgebracht, und es wurde der Wunsch ausgesprochen, zunächst die laufenden Arbeiten abzuschließen.

Obgleich von den Vertretern der einzelnen Länder im allgemeinen nicht verkannt wurde, daß eine gewisse Zurückhaltung in der Aufnahme neuer Arbeitsgebiete insofern wohl hätte von Nutzen sein können, als sie die Auswertung der aus einer einheitlichen praktischen Anwendung der bisher abgeschlossenen IFK-Arbeiten noch zu gewinnenden Erfahrungen ermöglichen würde, so wurde doch aus der Überlegung heraus, daß sich die IFK-Ziele am besten verwirklichen lassen, wenn von vornherein für eine einheitliche Entwicklungsmöglichkeit gesorgt wird, gegen die Stimmen der deutschen Vertreter, beschlossen, folgende neuen Arbeitsgebiete aufzugreifen, für die jeweils eine besondere Unterkommission gebildet werden wird:

Stehlampen und Beleuchtungskörper,
Rundfunk-Entstörungsgeräte,
Kleintransformatoren,
Steckvorrichtungen für Kleinspannung,
Haushaltgeräte mit motorischem Antrieb,
Schutzschalter gegen unzulässig hohe Berührungsspannung.

Außerdem wird eine Unterkommission eingesetzt, die sich mit denjenigen besonderen Maßnahmen befassen soll, die aus Sicherheitsgründen bei Geräten erforderlich erscheinen, die zwar aus Niederspannungsnetzen, also mit Spannungen bis 380 V bzw. 250 V gegen Erde, betrieben werden, aber nachgeschaltete Stromkreise mit höheren Spannungen besitzen (wie z. B. Rundfunkgeräte).

Die der IFK-Tagung vorangegangene Prüfstellenvertreterbesprechung war wiederum der Aufgabe gewidmet, durch unmittelbare Aussprache und Erfahrungsaustausch nicht nur eine einheitliche Auslegung der IFK-Anforderungen in allen Ländern zu gewährleisten, sondern auch eine gleichmäßige Anwendung der Prüfverfahren sicherzustellen, sowie schließlich Schwierigkeiten auszuräumen,

[1]) Belgien — Dänemark — Deutschland — Finnland — Frankreich — Holland — Norwegen — Österreich — Polen — Schweden — Schweiz — Tschechoslowakei — Ungarn.

Digitized by Google

die sich bei der praktischen Durchführung der IFK-Anforderungen ergeben haben. Es wurde wiederum eine Reihe von Änderungsanträgen zu den schon abgeschlossenen IFK-Anforderungen der Vollversammlung unterbreitet und auch von ihr genehmigt.

Die Unterkommission Koch- und Heizgeräte befaßte sich mit der Beratung eines Entwurfes zu „Sicherheitsanforderungen an Elektrowärmegeräte für Haushalt- und ähnliche Zwecke", der jedoch noch der weiteren Behandlung bedarf, bevor er in der Vollversammlung zur Erörterung gestellt werden kann.

Eingehende Niederschriften über die stattfindenden Sitzungen und ausführliche Berichte der an den Beratungen beteiligten Sachverständigen sind den Ausschüssen des VDE zur Verfügung gestellt.

Die nächste IFK-Volltagung wird in Oslo, und zwar voraussichtlich im Juni 1937, stattfinden. Verschiedene Unterkommissionen sowie die Prüfstellenvertreter werden Anfang November 1936 in Berlin Sitzungen abhalten. Der Redaktionsausschuß wird im September d. J. in Arnhem (Holland) zusammentreten.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein e. V.

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 25. September 1936, findet eine Besichtigung der Vereinigte Aluminium-Werke AG. Lautawerk, Lausitz, statt. Näheres ist aus den VDE-Mitteilungen (Nr. 10) vom 9. 9. 36 zu ersehen.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Saar.

Am 24. 4. d. J. hielt Herr Urban einen Vortrag über „Elektrizität als heimischer Treibstoff". Der Vortragende behandelte an Hand der letzten statistischen Veröffentlichungen die Frage der deutschen Treibstoffwirtschaft. Er erörterte die bisherige Erzeugung und die künftigen Erzeugungsmöglichkeiten an leichten flüssigen Treibstoffen, an Schwerölen und an gasförmigen Treibstoffen, wies auf den durch die zunehmende Motorisierung steigenden Treibstoffbedarf hin und ging dann insbesondere auf die Bedeutung der Elektrizität als heimischen Treibstoff ein, wobei das Elektrofahrzeug, das aus elektrischen Speichern seinen Energiebedarf deckt, behandelt wurde. Der wirtschaftliche Fahrbereich von Straßenfahrzeugen wurde mit 60 bis 80 km täglicher Fahrstrecke und bei Schienenfahrzeugen mit 300 km angegeben. Fahrzeuge für Verschiebedienst bzw. im Grubenbetrieb werden mit Batterien ausgerüstet, die für ein- bis zweischichtigen Betrieb ausreichen. Die wirtschaftliche Geschwindigkeit für Elektromobile wurde bis zu 40 km/h, für Omnibusse oder Lastwagen mit 30 bis 35 km/h genannt und auf einen in Berlin durchgeführten Versuch hingewiesen[1]). Die große Einfachheit des Antriebes wurde herausgestellt und die hohe Lebensdauer der Akkumulatorfahrzeuge erwähnt. An Hand von Lichtbildern wurden dann verschiedene Anwendungsgebiete des Elektrofahrzeuges im Verschiebedienst, in den Kommunal- und Privatbetrieben, in Grubenbetrieben, bei der Reichsbahn, Reichspost usw. gezeigt. Anschließend wurde die Wirtschaftlichkeit des Elektrofahrzeuges behandelt und auf den Vortrag des Herrn Ministerialrat Hubrig verwiesen, wonach das Reichspostministerium durch jahrelange Beobachtungen festgestellt hat, daß, bezogen auf den Berliner Paketverkehr, das Benzinfahrzeug für den gleichen Betrieb ungefähr 40 % teurer ist als das Elektrofahrzeug[2]).

[1]) ETZ 57 (1936) H. 7, S. 169 u. H. 10.
[2]) ETZ 56 (1935) S. 612.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch Herr Strohe, der kürzlich in Köln in einem Vortrag die Zahlen des El.-W. Köln veröffentlicht hat. Die praktischen Betriebsergebnisse mit 5 t-Lastwagen ergeben im Mittel folgendes Bild:

		Elektrowagen	Benzinwagen
1	mittlere Tagesleistung	36,2 km	39,5 km
2	höchste Tagesleistung	62 „	44 ··· 92 km
3	Höchstgeschwindigkeit	22 „ h	35 ··· 60 „ h
4	Lebensalter in Jahren	16 ··· 17	7 ··· 11
5	Stromkosten für 100 km*)	4,75 RM	—
6	Batteriekosten	14,1 „	—
		18,85 RM	
7	Brennstoffkosten	—	20,92 RM
8	Steuern je Jahr	265 „	945 „
9	Reparaturen	rd. 6%	rd. 11%
10	Gesamt-Jahreskosten km bei 12 000 km Leistung	68,4 Rpf	94,1 Rpf

*) Dabei Strompreis drehstromseitig . . . . . = 5 Rpf/kWh
„ „ gleichstromseitig einschließlich Ladestation . . . . . = 7,9 Rpf/kWh

Hiernach hat also das Benzinfahrzeug ebenfalls rd. 40 % höhere Betriebskosten als das Elektrofahrzeug.

Gau Südsachsen.

Am 16. 4. sprach Herr Voigt über das Thema Lichtelektrische Schutz- und Steuerverfahren. Bei den Einrichtungen, die für Schutz- und Steuerzwecke benutzt werden und mit lichtempfindlichen Zellen arbeiten, läßt sich zur Zeit der Beginn einer gewissen Normung feststellen. Man geht davon aus, wie groß die Intensitätsänderungen im Lichtstrahl sein müssen, um für den jeweiligen Schutz- oder Steuerzweck einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Bei lichtelektrischen Zähleinrichtungen wird beispielsweise regelmäßig der Lichtstrahl durch die zu zählenden Objekte von voller Lichtstärke auf den Wert 0 abgeschaltet; d. h. der Lichtstrahl wird vollständig unterbrochen. Unter solchen Arbeitsbedingungen genügen einfache Geräte, auch ist es nicht nötig, auf die Einhaltung einer ganz bestimmten Lichtintensität zu achten.

Höhere Anforderungen werden dann an lichtelektrische Einrichtungen gestellt, wenn diese den Zweck haben, in Abhängigkeit vom Tageslicht, die künstliche Beleuchtung ein- und auszuschalten. Dies gilt allerdings nur dann, wenn die Ein- und Ausschaltung bei immer gleichen Grenzwerten und bei geringer Intensität des Tageslichtes erfolgen soll.

Auf einer noch höheren Stufe der Entwicklung stehen schließlich solche Einrichtungen, die unter Benutzung lichtempfindlicher Zellen kleinste Helligkeits- oder Farbunterschiede noch mit Sicherheit erfassen müssen. Bei diesen Geräten ist ein wesentlich größerer Aufwand erforderlich, als bei den beiden vorgenannten Gruppen, um die geforderte Leistung zu erreichen. Solche Geräte stellen heutige Höchstleistungen dar; sie arbeiten nach dem augenblicklichen Stand der Technik noch sicher, wenn Helligkeitsunterschiede von mindestens 2 % zur Verfügung stehen. Ein praktisches Anwendungsbeispiel für derartige Einrichtungen bieten die Sortiereinrichtungen zur Oberflächenkontrolle von Prüflingen.

Unabhängig von den Forderungen mit Bezug auf Erfassung von Unterschieden in der Intensität des auf die lichtempfindliche Zelle fallenden Lichtstrahles, können in Sonderfällen Forderungen anderer Art zusätzlich auftreten. Ein Beispiel hierfür liegt vor, wenn lichtelektrische Schutzeinrichtungen für den Gelände- oder Raumschutz eine möglichst große Sicherheit gegen unbefugte Eingriffe aufweisen müssen; eine Forderung, die meist in Verbindung mit derjenigen nach völliger Unsichtbarkeit des Schutzstrahles vereinigt ist.

Es ergibt sich aus dem bisher Gesagten, daß Konstruktionsaufgaben für lichtelektrische Schutz- und Steuergeräte im wesentlichen bestimmt werden durch:

1. die durchschnittlichen Unterschiede in der Strahlungsintensität, soweit sie auf die lichtempfindlichen Zellen wirksam wird,
2. durch das Maß der Anforderungen mit Bezug auf Unangreifbarkeit der Einrichtungen durch Unbefugte.

Schon durch die Aufgabenstellung wird in den meisten Fällen bereits bestimmt, welche Art lichtempfindlicher

Digitized by Google

Zellen zu verwenden ist, in welchem Gebiete des Spektrums das Maximum der Zellenempfindlichkeit liegen muß, welche optischen Mittel zweckmäßig Verwendung finden, und welche besonderen Durchbildungen die übrigen Teile der Gesamtapparatur erfahren müssen. Besonders gut erkennt man den augenblicklichen Entwicklungsstand aus einer Betrachtung der Einrichtungen für den optischen Raum- bzw. Geländeschutz.

Der Vortragende erläuterte an Hand von Lichtbildern die grundsätzliche Arbeitsweise dieser Geräte, die durch die Verwendung ultraroter Strahlen gekennzeichnet sind. Hier kommen nur Zellen in Frage, die bei einer Wellenlänge von über 1000 mμ ansprechen; ferner durch die Anwendung des Wechsellichtprinzipes. Der Vortragende zeigte durch einen Versuch, daß diese Anlagen in vollem Umfange den Charakter von Sicherungsanlagen mit Ruhestrom aufweisen und unter Vermeidung umständlicher Einrichtungen zu einem vollwertigen, in Beschaffung und Wartung billigen Gerät geworden sind.

Schalteinrichtungen, deren Aufgabe es ist, in Abhängigkeit von der Tageshelligkeit die künstliche Beleuchtung auf Straßen und Plätzen, in Schaufenstern und an ähnlichen Plätzen einzuschalten, wurden im Laufe der letzten Jahre wesentlich vereinfacht. Dies war möglich, weil heute sehr gut arbeitende Großflächenzellen zur Verfügung stehen, mit welchen günstig gelegene Schaltpunkte im Dauerbetrieb sicher erzielbar sind. Die Einstellung auf verschiedene Empfindlichkeiten erfolgt durch einfache Änderung eines Widerstandes in dem im Gerät vorhandenen Einrohrverstärker. Durch Änderungen des Verstärkers in seinem Gesamtaufbau ist es möglich, seltener vorkommenden Ansprüchen auf besonders niedrig liegende Ansprechwerte zu entsprechen.

Der Vortragende führte ein solches Lichtrelais vor.

Mit Rücksicht auf die Verwendung derartiger Geräte im Freien, sieht die Konstruktion wasserdichte bzw. wetterfeste Ausführungen vor.

Sobald es sich darum handelt, kleinste Licht- oder Farbunterschiede mit selbsttätig arbeitenden Einrichtungen zur Steuerung von Geräten zu verwenden, werden die Ansprüche an die Gleichmäßigkeit der Zellenempfindlichkeit und an die Konstanz des für die Prüfung benutzten Lichtstrahles so hoch, daß nur unter Anwendung besonderer Verfahren ein sicherer Betrieb der Geräte erreichbar ist. Man bedient sich vorteilhaft des Kunstgriffes, die lichtempfindliche Zelle in Abhängigkeit von einer Lochscheibe in schneller Folge mit direktem Licht und mit vom Prüfling reflektiertem Licht zu beeinflussen, wobei durch einen in den Strahlengang des direkt auf die Zelle fallenden Lichtes eingeschalteten Graukeil das Verhältnis der aufeinanderfolgenden Bestrahlungen der Zelle ausgeglichen werden kann. Die Einschaltung erfolgt dann so, daß bei normalem Zustand des Prüflings die Zelle stets gleichmäßig belichtet wird, gleichgültig, ob das Licht auf direktem oder indirektem Wege zur Zelle gelangt. Dem Verstärker, der seine Eingangswechselspannung vom Zellenkreis erhält, wird dann eine verstärkungsfähige Wechselspannung nur zugeführt, wenn durch Abweichungen des Prüflings in seinem Reflektionsvermögen oder seiner Farbe eine abweichende Lichtintensität zugeführt wird. Bei dem anschließend gezeigten Gerät wurde mit einer Lichtfrequenz von 800 Hz gearbeitet. Selbstverständlich sind zusätzliche Einrichtungen notwendig, um die Phase der Einzellichtimpulse wechselseitig in das richtige Verhältnis zu bringen, und um jeweils aus der Gesamtbelichtungszeit durch besondere Kontakteinrichtungen nur den wirklich benötigten Ausschnitt wirksam werden zu lassen. Sofern Farbunterschiede erfaßt werden müssen, ist die Verwendung von Filtern notwendig. Die benutzte Zelle muß in ihrer Ansprech- und Abklingzeit der benutzten Lichtfrequenz entsprechen.

Der Vortragende führt eine solche Einrichtung vor, bei der Kugeln mit verschiedener Oberflächenbeschaffenheit genau sortiert wurden. In Verbindung mit dieser Einrichtung stand eine Zählereinrichtung mit kleinem Querschnitt des Prüflichtstrahles.

Der Vortrag und die anschließenden Vorführungen zeigten, daß sich lichtempfindliche Zellen zu zuverlässigen Schaltelementen entwickelt haben und einer Anwendung zu Schalt- und Steuerzwecken ein großes Gebiet offensteht. Nicht nur dort, wo ihrem Wesen nach bestimmte Aufgaben nur mit lichtelektrischen Mitteln gelöst werden können, sondern auch auf Gebieten, die bisher mit Geräten anderer Art arbeiteten, erobert sich die lichtelektrische Schalt- oder Steuereinrichtung den Absatzmarkt. Die Vorteile der lichtelektrischen Einrichtung sind Trägheitslosigkeit, Fortfall jedes Kraftbedarfes, weitgehende Anpassungsfähigkeit an die Eigenart der gestellten Aufgaben, und in Sonderfällen die Möglichkeit, mit unsichtbaren Strahlen zu arbeiten.

Der Vortragende behandelte an Hand von Lichtbildern noch eine ganze Anzahl derartiger Anwendungsgebiete. Eine Übersicht nach dem gegenwärtigen Entwicklungsstand gibt der Aufsatz in der ETZ 57 (1936) H. 6, S. 141.

Sitzungskalender.

Gau Nordsachsen, Leipzig. 16. 9. (Mi), 20 h, Grassimuseum: „Kabel für höchste Spannungen". Dr. Brauns.

VERSCHIEDENES.

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Thermostatische Verlustmessung, insbesondere an Starkstromkondensatoren.

621. 319. 4. 017

Zu dem Aufsatz des Herrn H. Gönningen VDE, ETZ 57 (1936) H. 19, S. 523, seien uns einige Bemerkungen zugunsten des thermischen Leistungsmessers gestattet. Der Verfasser selbst erleichtert uns das, indem er an der Stelle, wo er die Meßgenauigkeit seines Verfahrens auseinandersetzt (S. 525) bemerkt: „Da bei der Eichung die Gewinnung eines jeden Punktes der Temperaturkurve einen Tag in Anspruch nimmt, so ist sie sehr zeitraubend. ..... Nach der gewonnenen Erfahrung scheint mir die Genauigkeit von ± 5 % bei genügender Sorgfalt gut erreichbar." Wir meinen dagegen bemerken zu dürfen, daß dann doch das thermostatische Verfahren kaum mit dem thermowattmetrischen in Wettbewerb treten kann, bei dem sich die Messung unmittelbar mit einer Genauigkeit von 1 % leicht ausführen läßt und auch jede augenblickliche Veränderung in den Verlusten sofort erkennbar wird.

Bei der Kippschen Ausführung des Thermoleistungsmessers hat man bei einem Leistungsfaktor gleich Eins 9 mV, also bei $\cos \varphi = 0{,}001$ (1 ‰) noch immer 9 μV Gleichstrom zur Verfügung, was jedermann mit einem guten Galvanometer noch leicht messen kann. Die Meßfehler sind dabei kleiner als bei dynamischen Instrumenten oder der Schering-Brücke, wie wir es 1930 genau berechneten[1]) und wie auch die Herren Zickner und Pfestorf der PTR im gleichen Jahre auseinandersetzen[2]). Wird außerdem der Ausschlag des Galvanometers photographisch aufgezeichnet, so erkennt man genau, wann die Verluste sich z. B. innerhalb 24 h oder acht Tagen abnormal geändert haben, wann also und wie oft sich in dem Dielektrikum plötzlich etwas geändert hat. Was den Preis des thermischen Leistungsmessers betrifft — eine Frage, die unseres Erachtens kaum in dieser Zeitschrift besprochen

[1]) H. W. L. Bruckman u. W. J. Reichert, Elektrotechn. u. Maschinenb. 48 (1930) S. 81.
[2]) G. Zickner u. G. Pfestorf, ETZ 51 (1930) S. 1681.

Digitized by Google

werden kann —, möchten wir nur bemerken, daß die Ausrüstung für Verlustmessungen mit Thermowattmessern eine der billigsten ist, besonders bei Hochspannung.

Auf S. 523 bemerkt Herr Gönningen noch, daß oft auch die erforderlichen Vergleichskondensatoren die Anschaffung erschweren. Wir erwidern darauf, daß für thermowattmetrische Leistungsmessungen Vergleichskondensatoren bekanntlich vollständig überflüssig sind. Schließlich sei noch unserem Erstaunen darüber Ausdruck gegeben, daß die Aluminiumfläche dieselbe Kühlfähigkeit aufgewiesen hat wie die schwarze; das kann nur aus der Ungenauigkeit des beschriebenen Verfahrens erklärt werden, denn es ist in Wirklichkeit natürlich nicht der Fall.

Delft, 13. 5. 1936.

H. W. L. Bruckman VDE, W. J. Reichert.

Erwiderung.

Eine vollständige Eichung, insbesondere wenn sie sich auf alle Behältergrößen erstrecken soll, ist allerdings zeitraubend, aber auch nicht immer erforderlich. Zu einer einmaligen oder gelegentlichen Messung von Verlusten genügt es, wenn die Eichung des Behälters mit einem Ersatzwiderstand in zwei dem Meßgegenstand benachbarten Temperaturpunkten vorgenommen wird oder, wenn man die Ersatzleistung einmal so hinregelt, daß annähernd dieselbe mittlere Übertemperatur der Oberfläche vorhanden ist. Das mag bei sehr großen Behältern vielleicht sogar zwei Tage dauern, ist aber nur mit sehr geringen Kosten verbunden und erfordert vor allem sehr wenig Arbeit. Die Anschaffung eines Meßgerätes mit Zubehör dagegen würde 1000 bis 2000 RM und mehrere Wochen Wartezeit beanspruchen, ganz abgesehen davon, daß man sich bei einer einmaligen oder gelegentlichen Messung diese Kosten dafür gar nicht machen wird. Was den Anwendungsbereich des Thermowattmeters betrifft, so ist der Entgegenhaltung zu entnehmen, daß schon zur Messung von Verlusten, die 2 bis 3 W/kVA betragen, ein Spiegelgalvanometer erforderlich ist. Auch dieses Spiegelgalvanometer wird nicht immer vorhanden sein und ist außerdem zur Messung in der Werkstatt nicht gerade geeignet. Gewiß ist die laufende Beobachtung der Verluste und ihre photographische Aufzeichnung oft außerordentlich wertvoll und manchmal vielleicht sogar unentbehrlich, aber auch doch nur verhältnismäßig selten, so daß man wegen dieser seltenen Fälle allein nicht zum Thermowattmeter greifen wird. — Mir ist bekannt, daß zum Thermowattmeter kein Vergleichskondensator erforderlich ist, da ich selber dieses Instrument etwa im Jahre 1922 bei der Firma C. Lorenz AG. zur Prüfung vorgelegt bekam. Ich habe aber auch nicht das Gegenteil behauptet.

Nicht eine Aluminiumfläche zeigte dieselbe Kühlfähigkeit wie ein schwarz gespritztes Eisenblech, wie die Herren ihrem Briefe nach anzunehmen scheinen, sondern eine mit Aluminiumlack bespritzte Oberfläche. Das Aluminium wird dabei in der Form ganz kleiner Blättchen mit einem hellen Lack aufgeklebt, so daß die Oberfläche dann nicht mehr durch das Aluminium, sondern durch eine Lackschicht gebildet wird. Diese Tatsache ist in meinem Aufsatz auch ausdrücklich genannt worden, und erklärt meines Erachtens das an sich etwas eigenartige Ergebnis meiner Beobachtungen.

Auch dem Schrifttum[3]) kann ich nicht entnehmen, daß die Thermowattmeter für Hochfrequenz, z. B. bei einer Wellenlänge von 500 m, geeignet sind. Den Beschreibungen sowie den Abbildungen ist zu entnehmen, daß Nebenwiderstände verwendet werden, weswegen mir die Brauchbarkeit für Hochfrequenz sehr unwahrscheinlich vorkommt. Außerdem ist eine Verwendbarkeit für Glimmerkondensatoren mit Verlusten von 0,18 W/kVA und für größere Starkstromkondensatoren mit beispielsweise 150 A Betriebsstrom nicht erkennbar.

Im ganzen betrachtet, sollte mein Aufsatz sich nicht gegen bekannte und gute Meßverfahren wenden, sondern nur ergänzend ein neues Verfahren zeigen, das, wie die Übersicht des Aufsatzes angibt, oft noch zum Ziele führt, wenn andere Meßverfahren Schwierigkeiten bereiten. Es war nicht meine Absicht, darüber hinaus noch Behauptungen aufzustellen, die sich gegen die Schering-Brücke, das Thermowattmeter usw. richten.

Berlin, 20. 5. 1936. H. Gönningen VDE.

[3]) Siehe Fußnoten 1 und 2 auf S. 1071.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Edward Weston †.

Am 20. 8. d. J. starb Edward Weston im Alter von 86 Jahren. In England geboren, studierte er dort anfangs Zahnheilkunde und anschließend drei Jahre Medizin. Im Alter von 20 Jahren ging Weston nach Amerika, wo er in einer kleinen photochemischen Fabrik eine Stellung als Chemiker und Elektrotechniker annahm und das Vernickelungsverfahren praktisch brauchbar durchbildete. Als 25jähriger beteiligte er sich an einer Fabrik zur Herstellung elektrischer Maschinen, die zwei Jahre später den Namen „Weston Dynamo Electric Machine Company“ erhielt. Westons Tätigkeit umfaßte zahlreiche Gebiete der Elektrotechnik; kennzeichnend dafür ist, daß er damals schon über 300 Patente besaß. Unter anderem begründete er auch die Kohlestiftfabrikation für Bogenlampen in Amerika und entwickelte eine Dynamo mit Feldregelwiderstand und mit geblättertem Anker. Bei allen seinen Arbeiten stieß er immer wieder auf große Schwierigkeiten durch die damals für den praktischen Betrieb unbrauchbaren Meßinstrumente, deren Verbesserung er fortan seine ganze Arbeitskraft widmete. Im Jahre 1888 gründete er die „Weston Electrical Instrument Company“, die er bis zu seinem 75. Lebensjahr persönlich leitete und in der er auch nach ihrem Heranwachsen zu einer Großfirma stets der fleißige und bescheidene Laboratoriumsarbeiter blieb. Die Meßinstrumententechnik hat Weston außerordentlich viel zu verdanken. Die Entwicklung guter Dauermagnete, stromführender Spiralfedern aus unmagnetischem Werkstoff, von Widerstandslegierungen mit geringem und negativem Temperaturkoeffizienten, die Verwendung des Aluminiumzeigers und des Spulenrahmens zur Wirbelstromdämpfung, die Einführung spitzengelagerter Drehsysteme, der Strommessung im Nebenschluß und schließlich die Entwicklung des Kadmium-Normal-Elementes stammen aus jener Zeit. Äußere Ehrungen sind seinen Erfolgen nicht versagt geblieben: Von der McGill-Universität wurde Weston 1903 die Würde eines Dr. h. c. verliehen, im selben Jahre folgte die Verleihung des „Dr. der Wissenschaften“ durch das Stevens-Institut für Technologie und 1910 durch die Princeton-Universität.

Edward Weston †.

Eingegangene Doktordissertationen.

Hans Vierfuß, Die Spannungshaltung in den Netzen unter besonderer Berücksichtigung ihres Einflusses auf die Wirtschaftlichkeit der Glühlampen. T. H. Berlin 1935.

Hanns Peter Zoeppritz, Dauerprüfung und Ermüdung von Gespinsten. T. H. Aachen 1936.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft. Berlin. 15. 9. (Di), 19 h, Ingenieurhaus: „Neuere Aufzüge. Umlaufaufzüge und Fahrtreppen“ (m. Lichtb.). Obering. Herker.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 4. September 1936.

Für den Textteil verantwortlich in Vertretung Hans Winkler VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 17. September 1936** **Heft 38**

Die neueste Entwicklung der elektrischen Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der elektrischen Fahrzeuge der Höllentalbahn.

Von **Otto Michel VDE**, München.

621. 335 (43)

Übersicht. Der Aufsatz*) gibt einen Überblick über die Entwicklung und den Bau der neuesten elektrischen Lokomotiven und Triebwagen der Deutschen Reichsbahn für 15 000 V Einphasen-Wechselstrom und 16⅔ Hz. Der Bau der Stromabnehmer für hohe Geschwindigkeiten wird hierbei eingehend behandelt. Anschließend wird der von der Deutschen Reichsbahn auf der Höllentalbahn mit 20 000 V und 50 Hz durchgeführte Versuchsbetrieb besprochen; die hierfür gebauten elektrischen Lokomotiven werden im einzelnen betrachtet. — An Versuchsfahrten mit verschiedenen neuen elektrischen Lokomotiven auf der Höllentalbahn hat am 12. 9. auch der VDE-Ausschuß für elektrische Bahnausrüstung teilgenommen.

Die Elektrisierung der Vollbahnen hat bei der Deutschen Reichsbahn in den letzten Jahren einen großen Aufschwung erfahren. Die bald nach dem Krieg in Angriff genommene Elektrisierung erfaßte zunächst die wichtigsten südbayerischen Linien, sie wurde sodann nach Stuttgart und im vorigen Jahr nach Nürnberg ausgedehnt und findet z. Z. ihre Fortsetzung nach Halle und Leipzig, worauf dann die Strecke Halle—Berlin angeschlossen werden soll. Außerdem wurde das mitteldeutsche und das schlesische Netz für den elektrischen Betrieb weitgehend ausgebaut.

Nach dem Stand vom 1. 1. 1936 sind 2219 km zwei- und viergleisige Strecken mit der Spannung von 15 kV, 16⅔ Hz elektrisch eingerichtet. Die Umstellung der Strecke Nürnberg—Halle—Leipzig bringt rd. 350 Strecken-km hinzu.

Die Durchführung einer Elektrisierung erfordert mannigfaltige Arbeiten, die gekennzeichnet sind durch den Bau von Stromversorgungsanlagen, von Hochvoltspeiseleitungsnetzen, von Unterwerken, Fahrdrahtanlagen, Verkabelung der Schwachstromleitungen, Beschaffung der Fahrzeuge, Einrichtung der Wagenzüge für elektrische Zugheizung usw. Eine besondere Rolle spielt hierbei die Anpassung des Oberbaus an die erhöhten Geschwindigkeiten, die beim elektrischen Betrieb erreicht werden. Diese Arbeiten sind durch den elektrischen Betrieb nicht unmittelbar bedingt, da sie vielfach auch beim Dampfbetrieb im Lauf der Zeit notwendig würden. Doch versteht es sich von selbst, daß man, bevor eine Strecke elektrisch eingerichtet wird, diese den neuesten Betriebsbedürfnissen anpaßt, indem man Kurven begradet, etwaige Bahnhofsumbauten durchführt usw., damit man die Vorteile des elektrischen Betriebs ausschöpfen kann und damit bei der neuen Betriebsform für längere Zeit eine gewisse Ruhe eintritt. Von den aufgezählten Baumaßnahmen soll im vorliegenden nur die Beschaffung der elektrischen Triebfahrzeuge eingehender behandelt werden, deren Kosten bei einer Elektrisierung im allgemeinen rd. 40 % der gesamten Neubaukosten betragen.

*) Nach einem am 8. 4. 1936 vor dem VDE Gau Südbayern gehaltenen Vortrag.

Lokomotiven.

Die erste Entwicklung der elektrischen Lokomotive zeigt im mechanischen Teil als besonderes Merkmal die überwiegende Verwendung des Stangenantriebes, wie er aus dem Bau der Dampflokomotive bekannt ist. Je nach der Lage der Motoren im Rahmen mußten hierbei zur Übertragung des Motordrehmoments auf die Treibräder noch Vorgelege- und Blindwellen verwendet werden. Der Betrieb durch Tatzlagermotoren war schon von der Straßenbahn her bekannt. Er wurde erstmals auch bei den Lokomotiven der Achsfolge $B'_0B'_0$ der Bahnlinie Salzburg—Freilassing—Berchtesgaden im Jahre 1913 verwandt; für die Folge wurde jedoch dieser Antrieb wieder verlassen, weil es noch nicht gelang, Fahrmotoren von großer Leistung als Tatzlagermotoren zu bauen[1]). Anderseits war der Bau von Einzelachsantrieben mit im Hauptrahmen gelagerten Motoren zu der damaligen Zeit noch nicht genügend durchgebildet.

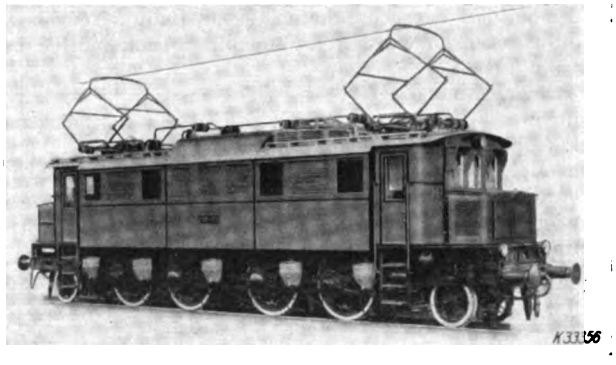


Abb. 1. $1'D_01'$-Schnellzuglokomotive Reihe E 17.

Als die Deutsche Reichsbahn (D R) im Jahre 1922 einen großen Elektrisierungsplan aufstellte, wurden daher in überwiegendem Maß noch Lokomotiven mit Stangenantrieb bestellt. In der Zwischenzeit wurde aber der Buchli-Antrieb entwickelt, der für Schnellzuglokomotiven großer Leistung besonders geeignet erschien. Innerhalb des erwähnten Beschaffungsplanes wurden daher auch 10 Lokomotiven[2]) der Achsfolge $1'D_01'$ bestellt[3]). Nachdem mit diesen Lokomotiven gute Erfahrungen gemacht wurden, hat die Frage des Einzelachsantriebs zunächst für die rasch laufenden Lokomotiven zusehends an Bedeutung gewonnen. Hierzu kam bald noch die Erkenntnis, daß die laufende Unterhaltung des Einzelachsantriebs gegenüber dem Stangenantrieb wesentlich geringere Unterhaltungskosten erfordert. So verursacht nach einge-

[1]) H. Tetzlaff, ETZ 57 (1936) S. 193.
[2]) Wichert u. Michel, Elektr. Bahnen 3 (1927) S. 71.
[3]) W. Wechmann, ETZ 49 (1928) S. 892. Abb. 10.

Digitized by Google

henden Erhebungen die Unterhaltung der Stangenlokomotive 2' BB 2' in den Ausbesserungswerken und Betriebswerken je 1000 Lok-km 252 RM, die der leistungsfähigeren Buchli-Lokomotive nur 131 RM. Der Bau der Einzelachslokomotiven wurde daher von der Deutschen Reichsbahn mit allen Mitteln gefördert, um so mehr, als es gelang, neben dem Buchli-Antrieb noch einen zweiten gleichwertigen Einzelachsantrieb zu entwickeln, den AEG-Kleinow-Antrieb. Abgesehen von einer Versuchslokomotive wurden mit diesem Antrieb im Jahre 1927 38 Schnellzug-Lokomotiven[4]) der Achsfolge $1'D_0 1'$ Reihe E 17 für 120 km/h Geschwindigkeit in Auftrag gegeben (Abb. 1).

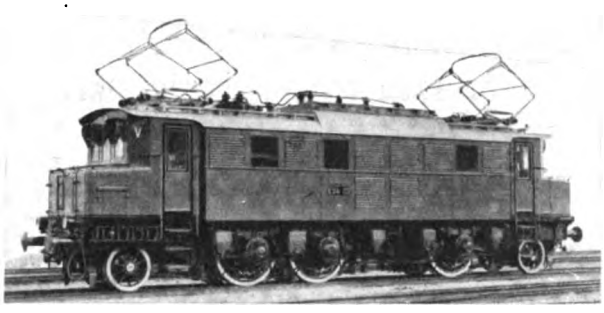


Abb. 2. $1'C_0 1'$-Schnellzuglokomotive Reihe E 04.

Die Leistung dieser Lokomotive beträgt 2500 kW. Als besonderes Merkmal sei erwähnt, daß diese Lokomotive als erste einen Außenrahmen mit Peyinghaus-Lagern erhielt, die sich im Betrieb außerordentlich gut bewährten. Die Unterhaltungskosten konnten, bezogen auf 1000 Lok-km, auf rd. 111 RM gesenkt werden.

Mit diesen Lokomotiven kam die D R vom Jahr 1927 ab für längere Zeit aus. Im Jahre 1931 ergab sich dann das Bedürfnis, für das Flachland eine rasch laufende Lokomotive mit 3 Treibachsen zu bauen. Auf Grund der nun vorliegenden reichen Bau- und Betriebserfahrungen entstand die Lokomotive E 04 für 130 km/h Geschwindigkeit, mit der bei den Versuchsfahrten Geschwindigkeiten bis zu 162 km/h gefahren wurden[5]). Von dieser Lokomotive besitzt die Deutsche Reichsbahn nunmehr 23 Stück (Abb. 2). Diese Lokomotive verdient ein besonderes Interesse, weil sie die unmittelbare Vorläuferin is\ für die Schnellzuglokomotive E 18, über die noch weitere Ausführungen folgen werden. Sie besitzt drei Treibachsen; die äußeren Treibachsen sind mit den Laufachsen zu Krauß-Helmholtz - Gestellen zusammengefaßt. Jede Achse wird durch einen Motor von 720 kW Stundenleistung angetrieben. Die Lokomotive weist daher eine Leistung von 2160 kW auf; sie wird gesteuert durch eine sog. Feinreglersteuerung, die die Zugkraft ohne jeden Sprung stetig regelt. Der Rahmen ist als Außenrahmen ausgebildet; die Lager sind wieder Peyinghaus-Lager. Die Unterhaltung dieser Lokomotive kostet 109 RM/1000 Lok-km.

Da jedoch auf den elektrisch betriebenen Strecken der Deutschen Reichsbahn zahlreiche Strecken mit Steigungen von 10 ‰ und mehr vorhanden sind, da ferner selbst im Flachlandgelände zur Beförderung von Schnellzügen von 700 t Lokomotiven mit 3 Treibachsen kaum mehr genügten, ergab sich das Bedürfnis, für die Folge doch an der Lokomotive mit 4 Treibachsen festzuhalten. So entstand aus der Lokomotive E 04 in streng logischer Weiterentwicklung die Schnellzuglokomotive Reihe E 18, die heute die leistungsfähigste Lokomotive der Deutschen Reichsbahn darstellt.

Sie ist die leistungsfähigste Lokomotive der Welt, sofern man nur die Lokomotiven betrachtet, die in einem Rahmen gebaut sind. Sie besitzt eine Stundenleistung von 4320 PS, kann etwa eine halbe Stunde lang 5200 PS entwickeln und für die Anfahrts- bzw. Beschleunigungszeit bis zu 6200 PS abgeben[6]). Im Ausland sind zwar noch leistungsfähigere Lokomotiven vorhanden, z. B. die beiden Gotthard-Lokomotiven, doch bestehen diese aus 2 kurz-gekuppelten Einheiten mit je 4 Treibachsen. Die Lokomotive Reihe E 18 hat, wie bereits erwähnt, wieder 4 Treibachsen mit AEG-Kleinow-Antrieb; die äußeren Treibachsen sind mit den Laufachsen wieder zu Krauß-Helmholtz-Gestellen zusammengefaßt. Die Lokomotive ist windschnittig ausgebildet, um den Windwiderstand bei den hohen Geschwindigkeiten möglichst abzumindern. Die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive beträgt 150 km/h, bei Probefahrten wurden Geschwindigkeiten über 160 km/h gefahren. Die Anordnung der wichtigsten Ausrüstungsteile im Maschinenraum geht aus Abb. 3 hervor. Besonders bemerkenswert ist, daß der gesamte Rahmen geschweißt ausgeführt wurde[7]), wobei umhüllte Elektroden verwendet wurden. Trotz der großen Leistung konnte man dadurch mit einem Gesamtgewicht von 109 t auskommen. Abb. 4 zeigt das Schaltwerk mit Feinregler und Servomotor. Besonderes Interesse verdient auch der Hauptschalter, der als Druckgasschalter ausgebildet ist. Abb. 5 zeigt schließlich den Führerstand.

An dieser Stelle sei auch kurz auf die neuesten Rangierlokomotiven eingegangen, weil sich diese, so widersprechend es auch klingen mag, in weitgehendem Maße an die Schnellzuglokomotiven anlehnen. Im elektrischen Teil dieser Lokomotiven der Achsfolge C (Abb. 6) sind nämlich in weitestem Umfang die gleichen Ausrüstungsteile, vor allem der gleiche Motor wie bei den E 04- und E 18-Lokomotiven verwendet. Zum Antrieb sind hier Vorgelegeräder und Kuppelstangen unerläßlich, da nur ein Motor verwendet wird, anderseits aber aus Adhäsionsgründen 3 Kuppelachsen nötig sind. Von Interesse ist hier der Einbau des Motors in den Rahmen (Abb. 7); der Motor ist stehend auf der Blindwelle gelagert und wird seitlich durch Federn abgestützt.

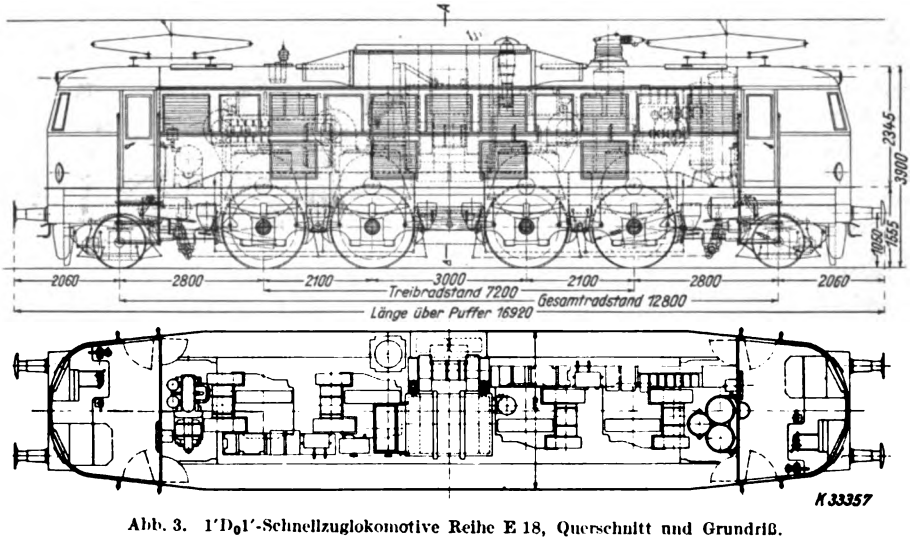


Abb. 3. $1'D_0 1'$-Schnellzuglokomotive Reihe E 18, Querschnitt und Grundriß.

[4]) Kleinow, Elektr. Bahnen 3 (1927) S. 41.
[5]) Kleinow, Elektr. Bahnen 9 (1933) S. 151.
[6]) L. Schultheiß, ETZ 56 (1935) S. 806, Abb. 6.
[7]) Vgl. den Bericht über die Ausstellung „Deutschland", S. 1095 dieses Heftes.

Digitized by Google

Für die Personen- und leichten Güterzug-Lokomotiven besitzt die Deutsche Reichsbahn in der Lokomotive Reihe E 44 Achsfolge $B'_0B'_0$ eine Einheitsausführung[8]), mit der bis jetzt die besten Betriebserfahrungen gemacht wurden. Einschließlich der laufenden Bestellungen sind z. Z. 65 Stück vorhanden, für die weiteren Elektrisierungen wird von dieser Bauart noch eine namhafte Zahl benötigt. Diese Lokomotive ist mit 4 Motoren von zusammen 2100 kW Leistung ausgerüstet und hat eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h. Sie ist in der Lage, sämtliche praktisch vorkommenden Personenzuglasten zu befördern, ferner im welligen Gelände bis 5 ‰ Steigung Güterzüge bis 1200 t, bei 10 ‰ solche von 950 t zu fahren, und kann daher als Universallokomotive angesprochen werden. Bei dem Bau dieser Lokomotive hat die elektrische Schweißung großen Umfangs im Lokomotivbau Eingang gefunden. Die allgemeine Einführung von Schweißkonstruktionen in den Fahrzeugbau bedeutete vor 4 Jahren einen kühnen Schritt, nachdem Betriebserfahrungen irgendwelcher Art noch nicht vorlagen. Ein heute geläufiger Grundsatz mußte damals im einzelnen erst durchgebildet werden, daß es nämlich beim Schweißen nicht möglich ist, frühere Nietkonstruktionen durch Schweißnähte zu ersetzen; die gesamten Schweißkonstruktionen mußten erst neu durchgebildet und der jeweiligen Beanspruchung angepaßt werden. Die geschweißte Bauart hat sich voll bewährt, so daß jetzt beim elektrischen Lokomotivbau von der Schweißung weitgehend Gebrauch gemacht wird. Bei dieser Lokomotive ist zum erstenmal vom Einheitsölschalter abgewichen und ein Expansionsschalter eingebaut worden.

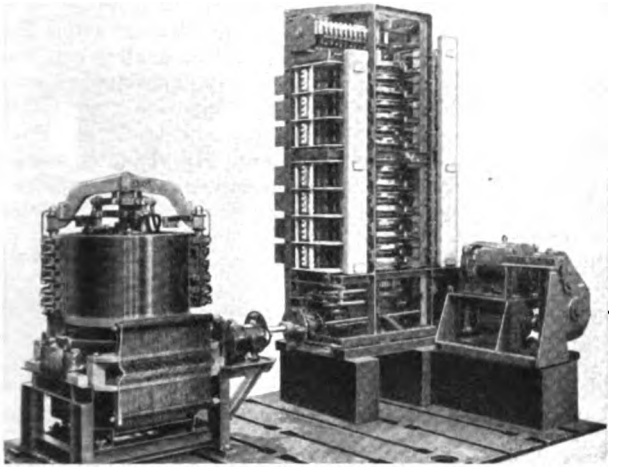


Abb. 4. $1'D_01'$-Schnellzuglokomotive Reihe E 18, Schaltwerk mit Feinregler.

Abb. 5. $1'D_01'$-Schnellzuglokomotive Reihe E 18, Führerstand.

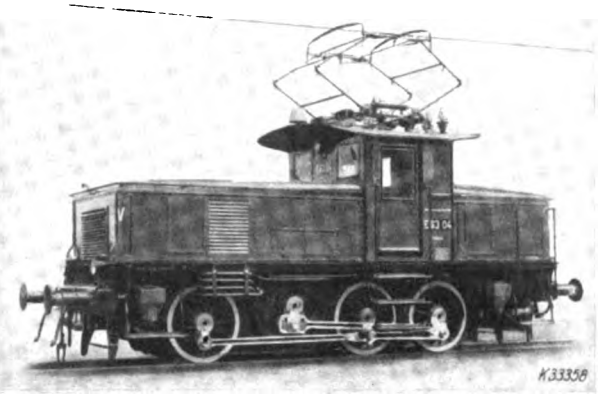


Abb. 6. C-Verschiebelokomotive, Reihe E 63.

Für die Beförderung schwerer Güterzüge von 1600 t im Gebirgsgelände wurde noch eine schwere Güterzuglokomotive[9]) der Achsfolge C'_0C_0' durchgebildet (Abb. 8). Je 3 Achsen sind in je einem Drehgestell untergebracht, die durch einen kräftigen geschweißten Brückenrahmen verbunden sind. Auch hier ist die Steuerung als Feinreglersteuerung nach der Einheitsbauart ausgebildet. Die Leistung dieser Lokomotive beträgt 2300 kW bei einer Geschwindigkeit von 65 km/h, die bei den Nachbestellungen nunmehr auf 70 km/h erhöht wurde. Diese Lokomotiven sind bisher ausschließlich auf dem gebirgigen Gelände der Reichsbahndirektion Stuttgart eingesetzt.

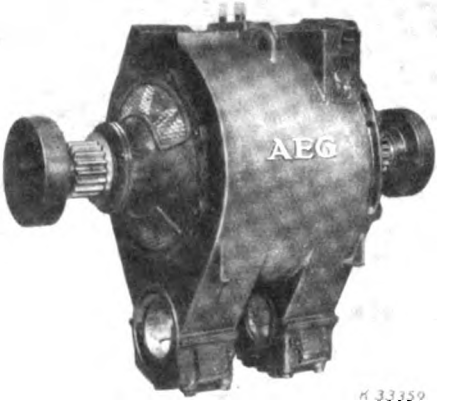


Abb. 7. C-Verschiebelokomotive, Reihe E 63, Hauptmotor.

4 Lokomotiven sind bereits in Dienst, 9 Lokomotiven befinden sich im Bau.

Wenn das Gebiet der Lokomotiven damit zunächst abgeschlossen wird, dann kann zusammenfassend gesagt werden, daß, abgesehen von den Verschiebelokomotiven, sämtliche Lokomotiven ausschließlich nurmehr als Einzel-

[8]) W. Genschow, ETZ 53 (1932) S. 281, Abb. 1. — Michel, Elektr. Bahnen 9 (1933) S. 157.

[9]) Tetzlaff, Elektr. Bahnen 10 (1934) S. 97.

Digitized by Google

achslokomotiven ausgeführt werden. Bei allen Bauarten der leichten und schweren Schnellzuglokomotiven, der Personen- und leichten Güterzuglokomotiven und schließlich der schweren Güterzuglokomotiven ist es in den letzten Jahren gelungen, Einheitsausführungen zu entwickeln, die hinsichtlich ihres technischen Aufbaues, ihrer Betriebstüchtigkeit und, was sehr wichtig ist, hinsichtlich der Unterhaltungsarbeiten weitgehenden Anforderungen und Wünschen entsprechen.

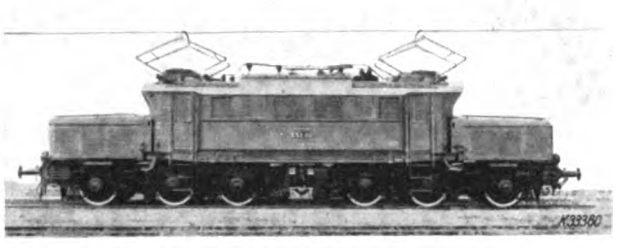
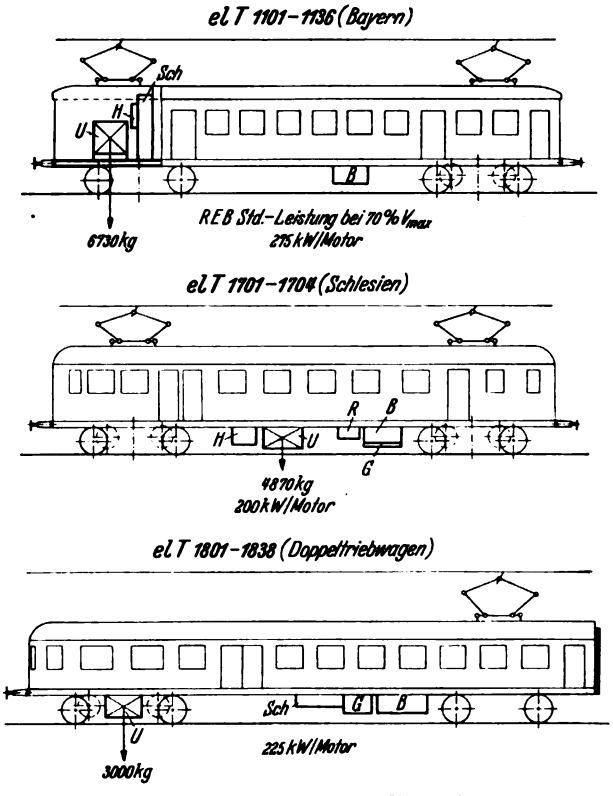


Abb. 8. $C'_0C'_0$-Güterzuglokomotive, Reihe E 93.

Triebwagen.

Neben den Lokomotiven spielen heute die Triebwagen eine besondere Rolle. Diese haben den Zweck, in kleinen Zugeinheiten einem häufigen Verkehrsbedürfnis zu genügen und damit den Personenzugfahrplan aufzulockern. Dem Verwendungszweck nach werden unterschieden Triebwagen für den Nahverkehr, für den Fernverkehr und schließlich für den Schnellverkehr. Für den Nahverkehr werden Wagen mit 75 km/h Höchstgeschwindigkeit und neuerdings solche mit 120 km/h eingesetzt, für den Fernverkehr im allgemeinen ebenfalls Wagen mit 120 km/h, für den Schnellverkehr Wagen mit 160 km/h Höchstgeschwindigkeit. Die Triebwagen haben hinsichtlich der Anordnung der elektrischen Ausrüstungsteile in den letzten Jahren eine Wandlung durchgemacht. Aus Gründen der Unterhaltung liegt es nahe, die wichtigsten elektrischen Teile so unterzubringen, daß sie leicht gewartet und nachgesehen werden können. So wurden bei den ersten Wagen der Reihe 1100 (Abb. 9) der Hauptschalter, der Umspanner und die Steuerung im Wagenkasten über dem Laufdrehgestell untergebracht. Den zahlreichen Vorteilen hinsichtlich der Gewichtsverteilung und Unterhaltung stand der Nachteil gegenüber, daß wertvoller Raum des Wagenkastens für die Unterbringung der Fahrgäste verloren ging. In der weiteren Entwicklung wurden daher alle erwähnten Ausrüstungsgegenstände unter dem Wagenkasten angebracht (Wagen der Reihe 1700). Diese Anordnung hatte jedoch wieder den Nachteil, daß die schweren Teile, wie der Umspanner, eine ungünstige Belastung des Hauptträgers verursachten, so daß der Wagen ein verhältnismäßig großes Gewicht erhielt. In der weiteren Entwicklung wurde daher versucht, den schweren Umspanner nach wie vor im Brückenrahmen unten so aufzuhängen, daß er in das Drehgestell hineinragt (Reihe 1800). Der verfügbare Platz für den Umspanner ist hier zwar beschränkt; trotz mehrfacher Bedenken gelang es jedoch, eine geeignete Bauart zu finden. Die praktischen Erfahrungen des Betriebs, die auf mehr als ein Jahr zurückreichen, haben gezeigt, daß diese Anordnung durchaus zweckentsprechend und betriebssicher gelungen ist.



Sch Steuerung (Schützen, Nockenschaltwerk usw.) — *H* Hauptschalter
U Umspanner — *B* Batterie
G Beleuchtungsgenerator

Abb. 9. Triebwagen, Anordnung der Umspanner und elektrischen Ausrüstungsteile.

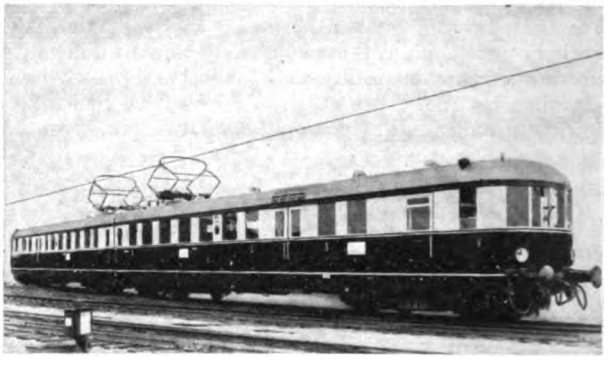


Abb. 10. Wechselstromtriebwagen, Reihe elT 18.

Abb. 10 zeigt den neuen Doppeltriebwagen für 120 km/h Geschwindigkeit[10]), von denen unter Einschluß der laufenden Bestellung 38 Wagen vorhanden sind. Die Wagen sind kurzgekuppelt und gegen Schlingerbewegungen mit Dämpfungspuffern versehen. Die Stromabnahme erfolgt durch 2 Stromabnehmer. Vom Einbau eines Hauptschalters für 15 kV wurde Abstand genommen; dafür sind in den Kurzkupplungsenden Hochspannungskammern mit Hochspannungssicherungen für 60 A eingebaut. Mit diesen Sicherungen hat man bisher gute Erfahrungen gemacht. Bei den Neubauten wurde nur insofern eine Änderung getroffen, als diese Sicherungen nicht mehr in besonderen Hochspannungskammern untergebracht sind, die wegen der Zugänglichkeit vom Einstieg aus verschiedene Vorsichtsmaßnahmen notwendig machten; die Sicherungen sind vielmehr jetzt auf dem Dach liegend angeordnet, und zwar stets 2 Sicherungen nebeneinander; eine Sicherung ist in Betrieb, bei Durchbrennen einer Sicherung kann der Führer vom Fahrgastraum aus sofort die andere Sicherung einschalten. Sollte wider Erwarten auch die zweite Sicherung durchbrennen, was bisher noch nicht vorgekommen ist, dann kann mit Sicherheit darauf geschlossen werden, daß ein größerer Schaden

[10]) Taschinger u. Förstner, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 190; ETZ 56 (1935) S. 1307.

Digitized by Google

im Hochspannungsstromkreis vorliegt, der es notwendig macht, mit verminderter Geschwindigkeit mit nur einer angetriebenen Wagenhälfte weiterzufahren oder den Wagen außer Betrieb zu setzen. Von der Hochspannungssicherung aus führt ein Hochspannungskabel zum Umspanner zwischen den Drehgestellen (Abb. 11). Auf

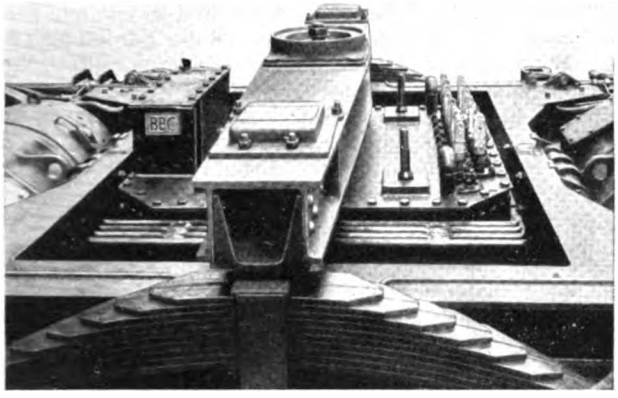


Abb. 11. Wechselstromtriebwagen Reihe elT 18, Anordnung des Umspanners im Drehgestell.

diesem Bild sind auch die Kühlrippen des Umspanners zu sehen. Die Betätigung im Führerstand ist bei den von verschiedenen Firmen hergestellten Wagen gleich, wie überhaupt der Führerstand, von Kleinigkeiten abgesehen, bei allen Firmen gleich ausgestaltet ist (Abb. 12).

Für Sonderzwecke wurden neben diesen Wagen zwei Aussichtstriebwagen gebaut[11]). Die Wagen sind in erster Linie für Gesellschaftsfahrten bestimmt und sollen dem Fahrgast bei den Fahrten in das Hochgebirge die Schönheiten der Landschaft während der Fahrt vor Augen führen. Die Höchstgeschwindigkeit des Wagens beträgt 120 km/h, seine Leistung rd. 400 kW. Die elektrische Ausrüstung ist in weitgehendem Maße den früher beschriebenen Triebwagen angeglichen. Besonderes Interesse verdient die hier ausgeführte Luftheizung. Die Luft wird mit Lüftern aus dem Freien angesaugt, über Heizregister geführt und dem Wagen durch besondere Luftkanäle zugeführt. Die Regelung erfolgt durch Thermostate, die mit 50 V betrieben werden; diese Thermostate beeinflussen sog. Cutax-Schütze, die als Leistungsschütze die ein-

Abb. 12. Wechselstromtriebwagen Reihe elT 18, Führerstand.

zelnen Register zu- oder abschalten. Die Heizungsanlage ist so bemessen, daß bei einer Außentemperatur von — 25 ° dauernd eine Innentemperatur von + 22 ° gehalten wird. Im Sommer werden die Lüfter der Luftheizungsanlage zum Einblasen von Frischluft in die Wagenräume verwendet. Der Luftwechsel ist fünfzehnfach in der Stunde. Als Heizleistung stehen im Höchstfall 40 kW zur Verfügung. Weiterhin ist die Beleuchtung von Interesse. Die Lampen sind in Leuchtbalken untergebracht, wobei zum erstenmal der Versuch gemacht wurde, die Lampen unmittelbar vom Umspanner mit 16⅔ Hz zu speisen. Jeder der 4 Stromkreise erhält 45 Lampen von je 20 W in Reihe geschaltet, so daß an jeder Lampe nur rd. 4 V liegen. Die Stromkreise sind dann unter Vorschaltung eines besonderen Widerstandes an eine Wechselspannung von 202 V gelegt. Die gesamte Beleuchtungsleistung beträgt 3,6 kW. Die Lampen sind so ausgebildet, daß bei Schadhaftwerden einer Lampe sich eine Kurzschlußvorrichtung einschaltet, so daß nur die betreffende Lampe ausfällt und die übrigen weiterbrennen. Beim Ausbleiben der Netzspannung schaltet sich selbsttätig eine Gleichstrom-Notbeleuchtung ein. Der Führersitz schließt sich

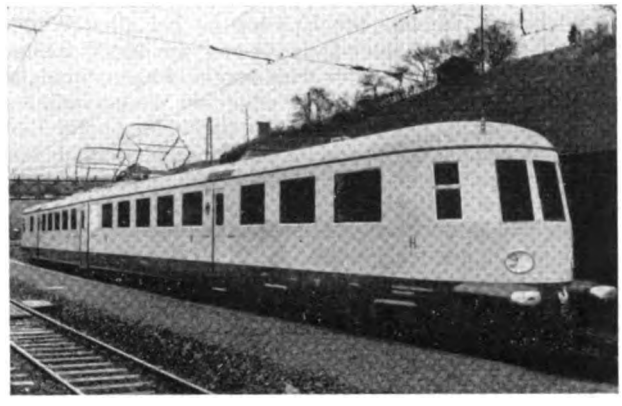


Abb. 13. Schnelltriebwagen Reihe elT 19.

unmittelbar an den Fahrgastraum an und ist von diesem nicht abgetrennt. Der in Fahrtrichtung rückwärtige nicht benutzte Führertisch wird durch einen Rolladen abgeschlossen.

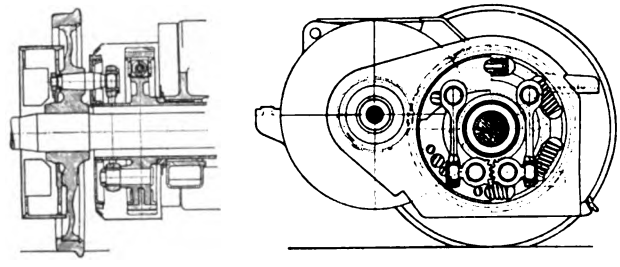


Abb. 14. Schnelltriebwagen Reihe elT 19, Antrieb mit Hohlwelle.

Von den Schnelltriebwagen für 160 km/h Höchstgeschwindigkeit sind 2 Stück bereits in Betrieb genommen, der dritte folgt in Kürze nach. Bei diesen Doppeltriebwagen wurden grundsätzlich die gleichen Ausrüstungen verwendet wie bei den Doppeltriebwagen für 120 km/h. Ein wesentlicher Unterschied liegt lediglich im Antrieb. Um Erfahrungen sammeln zu können, ließ die Reichsbahn jeden Wagen mit einem anderen Antrieb ausführen. Ein Wagen erhält den gewohnten Tatzlagerantrieb, wie er bisher bei allen Triebwagen verwendet wurde; die beiden anderen Wagen erhalten jedoch Hohlwellenantrieb, und zwar der eine einen innenliegenden Buchli-Antrieb, der andere den AEG-Kleinow-Antrieb. Abb. 13 zeigt zunächst die Außenansicht des Triebwagens, der eine windschnittige Kopfform aufweist. Abb. 14 zeigt den Buchli-Antrieb mit den Bremstrommeln im Schnitt. Bei dem AEG-Kleinow-Antrieb wird das Drehmoment des Motors auf Federtöpfe übertragen. Die Beschaffungskosten für die Hohlwellenantriebe sind höher als für den reinen Tatzlagerantrieb. Der praktische Betrieb wird nun zeigen, ob die vom Hohlwellenantrieb erwarteten Vorteile des ruhigeren Laufes, der günstigeren

[11]) Taschinger, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 265.

Digitized by Google

Beanspruchung der Drehgestelle, der besseren Stromwendung und damit der günstigeren Unterhaltung der Motoren diesen Mehraufwand rechtfertigen. Die Leistung des Schnelltriebwagens beträgt bei dem Wagen mit Buchli-Antrieb 1050 kW, bei den beiden anderen je rd. 950 kW. Die Wagen haben ebenso wie die Triebwagen für 120 km/h an den beiden Enden 2 Triebdrehgestelle und in der Mitte 2 Laufdrehgestelle. Die Umspanner ragen in die Triebdrehgestelle hinein. Eine gewisse Behinderung trat lediglich dadurch ein, daß diese Schnelltriebwagen wegen der erhöhten Geschwindigkeit Schienenstrombremsen erhielten, die in den Drehgestellen seitlich neben den Umspannern angebracht sind, deren seitliche Kühltaschen daher verkürzt werden mußten. Diese Maßnahme war jedoch möglich, da bei diesen Wagen wegen ihrer wenigen Halte die Beanspruchung der Umspanner geringer ist als bei Wagen, die häufige Anfahrten zu leisten haben. Die Steuerungen sind grundsätzlich die gleichen wie bei den früher beschriebenen Wagen. Die Heizung ist bei allen Wagen als Luftheizung mit einer Heizleistung von 90 kW ausgeführt. Die Raumtemperatur wird durch Temperaturregler selbsttätig auf 20 ° geregelt. Neben diesen Wagen befinden sich noch 2 dreiteilige Einheiten für 160 km/h im Bau.

An dieser Stelle sei auf die elektrische Bremse hingewiesen, die besonders bei den Triebwagen eine Rolle spielt, in Sonderfällen aber auch bei elektrischen Lokomotiven ihre Bedeutung erhält. Die elektrische Bremsung hat grundsätzlich den Vorteil, daß die Bewegungsenergie nicht in Bremsklötzen oder Bremstrommeln vernichtet und in Wärme umgesetzt wird, sondern daß durch sie wieder elektrische Arbeit erzeugt wird, die bei der Nutzbremse in das Fahrleitungsnetz zurückgeliefert oder bei der Widerstandsbremse in Bremswiderständen vernichtet wird. Ganz gleichgültig, welcher der beiden Wege beschritten wird, auf alle Fälle wird die mechanische Bremse geschont und vor allem der Bremsstaub vermindert, der für die elektrischen Ausrüstungsteile von größtem Nachteil ist. Um auch hier Betriebserfahrungen zu gewinnen, wurde je 1 Doppeltriebwagen Reihe elT 18 der drei Lieferfirmen mit elektrischer Bremse ausgerüstet, und zwar ein Wagen mit Netzerregung und Widerstandsbremse, ein Wagen mit reiner fahrdrahtunabhängiger Widerstandsbremse und ein Wagen mit Nutzbremse. Diese Versuche sind in vollem Gange; ein abschließendes Ergebnis kann noch nicht mitgeteilt werden. Es steht jedoch bereits fest, daß für den Nahverkehr, bei dem die Wagen stark unter Bremsstaub zu leiden haben, die elektrische Bremse besondere Aussicht auf Verwirklichung hat.

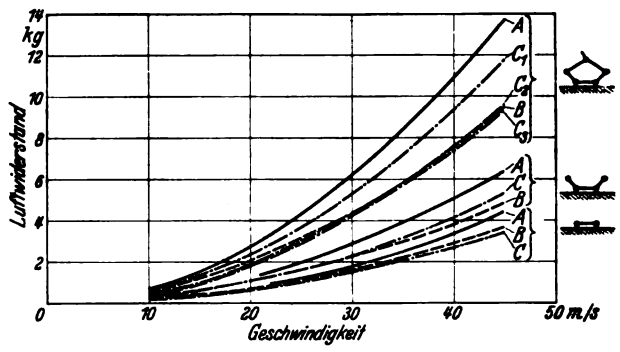
Eine weitere wichtige Frage, die allgemein bei allen Fahrzeugen eine Rolle spielt, ist die Frage der Stromabnehmer. Drei Fragen spielen hier eine Rolle:

1. die Frage der Starkstromabnahme bei hohen Geschwindigkeiten,
2. der Winddruck bei hohen Geschwindigkeiten,
3. die Frage der Rundfunkstörungen.

Die Bestwerte für diese drei Bedingungen gleichzeitig zu erreichen, ist sehr schwierig.

Um die erste Frage, die Starkstromabnahme bei großen Geschwindigkeiten beantworten zu können, muß kurz auf den Bau der Einheitsfahrleitung eingegangen werden. Bei dieser ist der Tragdraht zwischen den einzelnen Masten fest aufgehängt, während der Fahrdraht nachgespannt wird. Dadurch ergeben sich im Betrieb innerhalb der in unseren Breitenverhältnissen vorkommenden Grenztemperaturen von + 40 ° und — 30 ° weitgehende Veränderungen in der Höhenlage des Fahrdrahtes. An den seitlichen Festlegungen verändert sich die Höhenlage wenig, dagegen hängt bei den hohen Temperaturen der Fahrdraht zwischen den Masten konvex nach unten, und bei tiefen Temperaturen geht der Fahrdraht konkav nach oben. Zum Ausgleich der verschiedenen Höhenlagen des Fahrdrahtes bei den ungewöhnlich hohen und tiefen Temperaturen gibt es verschiedene Hilfsmittel. Solche sind Einbau einer Y-Aufhängung, nachspannbarer Tragdraht, Verwendung von Invar-Stahl und die vollelastische Fahrleitung[12]). Hand in Hand muß damit auch die Konstruktion der Stromabnehmer gehen; für eine gute Starkstromabnahme sollen diese eine kleine Masse am Fahrdraht aufweisen. Es wurden daher Stromabnehmer aus Bondurstahl hergestellt, deren Massen bezogen auf den Fahrdraht etwa nur die Hälfte des Massengewichtes vom Einheitsstromabnehmer aufweisen[13]).

An diesem Leichtstromabnehmer sind bereits alle Vorkehrungen getroffen, um entsprechend der Forderung (2.) den Winddruck möglichst herabzumindern (elliptischer Rahmen, flache Querstangen, besondere Gelenke). Von welchem Einfluß die Ausgestaltung dieser Elemente ist, zeigen die Erhebungen über den Luftwiderstand im Windkanal der Zeppelinwerft (Abb. 15). Wir sehen z. B. bei



A Einheitsbauart
B erste Änderung (Windschnittform)
C zweite Änderung (Windschnittform verbessert)
C_1 mit Kohleschleifstück
C_2 mit Aluminiumschleifstück
C_3 wie 2, jedoch mit angesetzten Isolatorhauben

Abb. 15. Luftwiderstand von Stromabnehmern.

160 km/h Geschwindigkeit (44,4 m/s) für den gesamten Stromabnehmer einen Windwiderstand von 13,35 kg im Windkanal; da es sich um ein Modell im Maßstab 1 : 2,5 handelte, ist der wirkliche Widerstand 6,25mal so groß, also rd. 83 kg. Durch entsprechende Formgebung konnte dieser Widerstand auf 9,4 kg bzw. 59 kg oder um 30 % gesenkt werden. Um den möglichen Bestwert herauszuholen, werden die Versuche im Windkanal noch fortgesetzt.

Eine weitere Schwierigkeit ist durch Frage 3, Rundfunkstörungen, aufgetreten. Das beste Hilfsmittel gegen Rundfunkstörungen besteht in der Ausbildung des Schleifstückes aus Kohle. In großem Umfang wird diese Maßnahme bereits durchgeführt[14]). Zum Messen der Störungen hat die Deutsche Reichsbahn besondere Einrichtungen im Meßwagen, wodurch die Störwerte im einzelnen festgestellt werden können.

Bevor das Kapitel über Lokomotiven und Triebwagen für 16⅔ Hz abgeschlossen wird, sei auf die neueste Lokomotive hingewiesen, die gegenwärtig von der Deutschen Reichsbahn entwickelt wird. Diese Lokomotive ist in erster Linie zur Beförderung der FD-Züge München—Berlin bestimmt; sie soll zwischen Halle und Berlin planmäßig Züge von 360 t mit Geschwindigkeiten bis zu 180 km/h befördern und diese Züge ohne Schiebelokomotive über die Rampe bei Probstzella von 25 ‰ mit 60 km/h fahren. Um die Lokomotive allseitig und im Bedarfsfall im Dienstplan mit den oben beschriebenen E 18-Lokomotiven verwenden zu können, müssen die neuen Lokomotiven — eine besonders schwere Bedingung — für die Geschwindigkeiten bis zu 150 km/h die gleichen Leistungen wie die E 18-Lokomotiven abgeben können. Wie schon erwähnt, kommt bei den hohen Geschwindigkeiten der Bremse eine besondere Bedeutung zu. Vorschrift ist, daß die Loko-

[12]) ETZ 57 (1936) H. 27, S. 775; ETZ 56 (1935) S. 842. Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 48.
[13]) Sieg, Elektr. Bahnen 10 (1934) S. 188.
[14]) ETZ 56 (1935) S. 1259.

Digitized by Google

motive aus der Geschwindigkeit von 180 km/h heraus innerhalb des Signalabstandes von 1000 m zum Halten kommt. Deshalb werden die Treibachsen mit 230 % des Treibachsdruckes von 20 t, die jeweils vorauslaufende Laufachse mit 50 %, die hintere Laufachse mit 200 % des Achsdruckes gebremst werden. Der Reibungskoeffizient zwischen Bremsklotz und Rad ist nun stark abhängig von der Geschwindigkeit. Damit bei geringeren Geschwindigkeiten die Räder nicht zum Schleifen kommen, wird bei etwa 60 km/h Geschwindigkeit die Bremskraft auf 80 % des Achsdruckes durch Fliehkraftregler selbsttätig abgemindert. Anderseits kann bei hohen Geschwindigkeiten durch die Bremsklötze nicht die volle Reibungskraft aufgebracht werden. Zur Unterstützung der Luftbremse wird daher bei einer Schnellbremse und den höchsten Geschwindigkeiten noch eine fahrdrahtunabhängige elektrische Bremse eingesetzt, die bis etwa 60 km/h Geschwindigkeit wirksam ist.

(Schluß folgt.)

Zur Frage der Erdung von Freileitungsmasten im Hinblick auf Gewittereinwirkungen.

(Mitteilung aus den Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen.)

Von **H. Grünewald VDE** und **H. Zaduk VDE**, Berlin.

621. 316. 99 : 621. 315. 1

Übersicht. In den letzten Jahren sind auf Grund der Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Gewitteruntersuchungen umfangreiche Arbeiten in Angriff genommen worden, um die Erdungsverhältnisse an Freileitungsmasten zu verbessern und dadurch die Gewittersicherheit der Leitungsanlagen zu erhöhen. In der vorliegenden Arbeit wird zunächst dargelegt, welche Anforderungen an die Masterdungen für die Gewittersicherheit gestellt werden müssen. Der Hauptteil behandelt dann die einzelnen Arten von Erdungen, ihre besonderen Eigenschaften und gibt einige Gesichtspunkte für ihre Herstellung. Die Ausführungen beziehen sich allein auf die Erdung von Eisen- und Betonmasten. Die besonderen Verhältnisse bei Holzmastleitungen sollen in einer späteren Arbeit für sich behandelt werden.

Es ist jetzt erst etwa ein Jahrzehnt her, daß man bei Gewitterforschungsarbeiten erkannte, welche Bedeutung niedrige Erdübergangswiderstände von Freileitungsmasten für die Verringerung von Gewitterstörungen auf Freileitungen haben. Schwenkhagen hatte 1928 darauf hingewiesen, daß bei einem stromstarken Blitzeinschlag in einen Freileitungsmast an seinem Erdübergangswiderstand stoßartig ein so großer Spannungsabfall entstehen kann, daß es zu „rückwärtigen Überschlägen" vom Mastkopf nach den Leiterseilen hin kommt[1]). Diese Vermutung ist damals auch von amerikanischer Seite bestätigt worden[2]). Von da ab hat man der Klärung der Frage, welchen Einfluß die Erdungswiderstände der Masten für die Gewittersicherheit von Freileitungen haben und mit welchen Mitteln bessere Verhältnisse zu erreichen sind, die größte Beachtung geschenkt[3]). Wesentliche Fortschritte in dieser Frage sind aber erst von 1933 an erzielt worden, als die umfangreichen Messungen mit Stahlstäbchen über Blitzstromstärken und Blitzeinschlagstellen in Freileitungen einwandfreie Zahlenwerte über die Größe der Blitzströme und die Einschlagverteilung brachten[4]). Erst mit diesen Unterlagen war es möglich, für die jeweils bei einer Leitung vorliegenden Verhältnisse die höchstzulässigen Erdübergangswiderstände der Masten festzulegen[5]). Die Nachmessung der Erdungswiderstände an den Masten bestehender Freileitungen, die von den Elektrizitätswerken in den letzten Jahren in ganz großem Umfange durchgeführt worden ist, hat aber ergeben, daß diese Grenzwerte nur bei sehr günstigen Bodenverhältnissen nicht überschritten werden und daß in einer ganzen Reihe von Fällen oft streckenweise Arbeiten zur Verbesserung der Masterdungen erforderlich waren. Da diese Arbeiten auch eine recht beachtliche wirtschaftliche Seite haben, sind zahlreiche Versuche angestellt worden, mit welchen Mitteln am einfachsten und billigsten die gestellten Forderungen zu erfüllen sind. Einige grundlegende Gesichtspunkte, die sich dabei ergeben haben, sollen als der heutige Stand der Erkenntnisse in dieser Frage hier erörtert werden.

Anforderungen an die Masterdungen.

Die Erdung der Eisen- und Betonmasten von Hochspannungsfreileitungen hat zwei Aufgaben zu erfüllen. Erstens ist sie Schutzerdung im Sinne der VDE-Vorschriften[6]), die verhüten soll, daß Menschen oder andere Lebewesen bei einer Berührung der Masten geschädigt werden, wenn diese infolge einer Störung oder durch einen anderen Umstand Spannung führen. Zweitens soll durch eine ausreichend gute Erdung der Masten verhindert werden, daß bei Mast- und Erdseileinschlägen rückwärtige Überschläge vorkommen, bzw. sollen bei Leiterseileinschlägen, bei denen Isolatoren überschlagen, die Überspannungen möglichst schnell und vollständig abgebaut werden.

Bei Leitungen mit Erdseil sind die Schutzerdungsvorschriften stets erfüllt, auch wenn der einzelne Mast einen zu hohen Erdübergangswiderstand hat. Da es sich hier nur um die Ableitung von Strömen mit Betriebsfrequenz handelt, ist nämlich der Widerstand der über das Erdseil gebildeten Parallelschaltung aller Masten wirksam, der meist in der Größenordnung unter ein oder einiger weniger Ohm liegt. Bei Eisenmastleitungen ohne Erdseil und bei einzelstehenden Eisen- oder Betonmasten darf der Erdungswiderstand jedes Mastes den für die Schutzerdung höchstzulässigen Wert nicht überschreiten.

Wesentlich schwieriger sind die Anforderungen zu erfüllen, die an die Masterdungen mit Rücksicht auf die Gewittersicherheit der Leitungen gestellt werden. Wegen des Stoßcharakters der Blitzströme kommt bei einem Masteinschlag annähernd nur der Erdübergangswiderstand des betroffenen Mastes zur Wirkung, einerlei ob die Leitung Erdseile hat oder nicht. Denn zunächst wirkt das Erdseil gegenüber dem Stoßvorgang mit seinem Wanderwellenwiderstand und erst nach der Rückkehr der an den Erden der Nachbarmasten zurückgeworfenen Abbauwellen kann sich deren absenkende Wirkung an der Einschlagstelle geltend machen. Bei den im Freileitungsbau heute üblichen Spannweiten von 200 m ,und mehr vergehen aber bis zu diesem Zeitpunkt etwa 1,5 µs, in denen allein die Erdung des betroffenen Mastes ausschlaggebend ist. Für die Ableitung des Stoßstromes bei einem Leiterseileinschlag, der einen Isolatorüberschlag verursacht, gilt dasselbe. Nur bei einem Erdseileinschlag im Spannfeld liegen die Verhältnisse insofern ein wenig anders, als hierbei zunächst der Wellenwiderstand des Erdseiles wirkt. In dem Augenblick aber, in dem die Stoßwellen die nächsten Masten erreichen, sind für die Abfuhr der Stoßströme nach Erde

---

[1]) A. Matthias, ETZ 50 (1929) S. 1472. A. Matthias, Gesamtbericht 2. Weltkraftkonf. Berlin 1930, Bd. 14, S. 518.

[2]) S. Brief von E. Beck zu dem Aufsatz[1]), ETZ 51 (1930) S. 189. Ph. Sporn, J. Amer. Inst. electr. Engr. 49 (1930) S. 432 (Punkt 5).

[3]) G. Lehmann, ETZ 53 (1932) S. 980 und 1252. V. Aigner, ETZ 54 (1933) S. 1233. W. Zwanziger, ETZ 56 (1935) S. 474. Auszüge aus ausländischen Arbeiten s. ETZ 55 (1934) S. 723, 795 und 978, ETZ 56 (1935) S. 313 und 1381.

[4]) H. Grünewald, ETZ 55 (1934) S. 505 und 536. H. Zaduk, Elektr.-Wirtsch. 33 (1934) S. 265. H. Zaduk, ETZ 56 (1935) S. 475. H. Grünewald, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 454. Har. Müller, ETZ 56 (1935) S. 577. H. Grünewald, CIGRE Paris 1935, Bericht Nr. 326. Über ähnliche ausländische Arbeiten s. ETZ 56 (1935) S. 108, 417 und 1208.

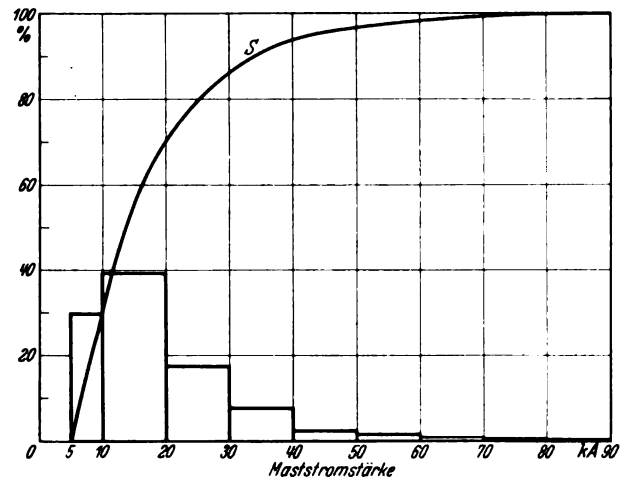
[5]) H. Grünewald, wie Fußnote 4).

[6]) VDE 0141/1924, veröffentlicht in ETZ 44 (1923) S. 1063 und 1081.

Digitized by Google

zunächst nur die Übergangswiderstände dieser Masten maßgebend.

Sollen nun bei Mast- und Erdseileinschlägen keine rückwärtigen Überschläge vorkommen können, so muß der Erdübergangswiderstand jedes einzelnen Mastes so niedrig sein, daß das Produkt aus höchstmöglichem Blitzstrom im Mast und Erdübergangswiderstand den Wert der Stoßüberschlagspannung der Leitungsisolation nicht erreicht. Genau genommen wird die tatsächliche Stoßbeanspruchung der Isolatoren auch noch etwas durch die Kopplung zwischen dem Mastkopf und den Leiterseilen und durch die Augenblickswerte der Betriebsspannungen der Leiter gegen Erde beeinflußt.



S Summenkurve

Abb. 1. Häufigkeitsverteilung von Blitzstromstärken in Eisenmasten in Prozent der Gesamtzahl.

Welche höchsten Stoßströme in Masten vorkommen können, ist durch die Stahlstäbchenmessungen belegt. Aus den Messungen von drei Jahren hat sich die in Abb. 1 dargestellte Häufigkeitsverteilung der Blitzströme in

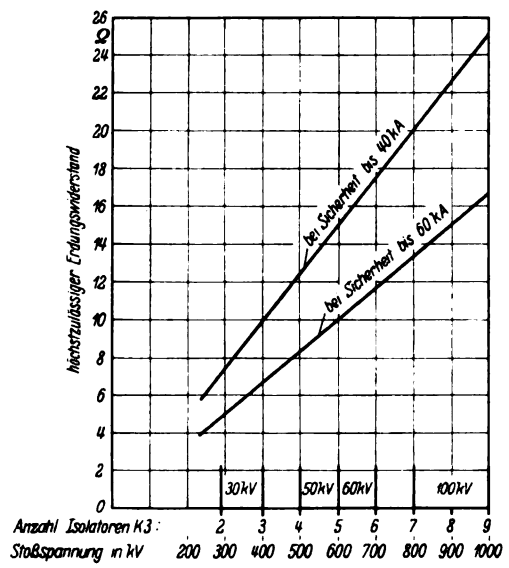


Abb. 2. Höchstzulässige Erdübergangswiderstände von Eisenmasten bei Sicherheit gegen rückwärtige Überschläge bis 40 bzw. 60 kA Stoßstrom.

Eisenmasten von Hochspannungsleitungen ergeben. Die Stromstärkenwerte sind in Gruppen um je 10 kA steigend zusammengefaßt und in Prozent der Gesamtzahl aller Meßwerte angegeben. Aus der Abbildung geht hervor, daß rd. 40 % aller gemessenen Ströme in dem Bereich von 10 bis 20 kA liegen und daß jede der Gruppen über 60 kA weniger als 1 % aller gemessenen Ströme umfaßt. Wenn man also 60 kA als möglichen Höchstwert des Maststromes für die Bemessung des Erdungswiderstandes zugrunde legt, so werden damit so gut wie alle Blitzeinschläge erfaßt. Auch die Annahme von 40 kA als höchsten Maststrom gibt noch ein sehr hohes Maß von Sicherheit.

Die höchstzulässigen Werte der Erdübergangswiderstände für diese beiden Stromgrenzen ergeben sich aus Abb. 2, die auch die Gliedzahlen und Stoßüberschlagspannungen der in Deutschland für die einzelnen Betriebsspannungen üblichen Isolation enthält.

Es ist nun nicht immer leicht, die hier geforderten recht niedrigen Werte mit einfachen oder wirtschaftlich tragbaren Mitteln an jedem Mast zu erreichen. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen bedarf es hierzu eines erheblichen Aufwandes an Erdern. Es entsteht dann die Frage, ob dieser Aufwand gerechtfertigt ist oder ob man lieber etwas höhere Widerstände zulassen und dafür gelegentlich Gewitterüberschläge in Kauf nehmen soll. Damit man beurteilen kann, welche Überschlagsicherheit bei Mast- und Erdseileinschlägen man beim Zugrundelegen einer bestimmten Maststromstärke erreicht, ist in Abb. 1 aus der Häufigkeitsverteilung der Mastströme noch die Summenkurve *S* gebildet worden. Diese gibt für eine bestimmte angenommene höchste Maststromstärke an, welcher Anteil der Gesamtzahl aller gemessenen Mastströme von dem Bereich 5 kA bis zu der betreffenden Stromstärke umfaßt wird. In dem Bereich von 5 bis 90 kA (90 kA ist der höchste bei den Messungen bisher festgestellte Maststrom) liegen also alle gemessenen Blitzströme in Masten. Bemißt man z. B. die Erdungswiderstände aller Masten einer Leitung für eine Maststromstärke von 40 kA, so ist nach dieser Kurve zu erwarten, daß rund 95 % aller Einschläge in Masten und Erdseile ohne rückwärtige Überschläge verlaufen. Das ist schon eine recht hohe Gewittersicherheit. Ist die Bodenleitfähigkeit so schlecht, daß sich die für 40 kA Maststrom höchstzulässigen Widerstände gar nicht oder nur unwirtschaftlich erreichen lassen, dann muß man notgedrungen eine größere Störungsanfälligkeit durch rückwärtige Überschläge in Kauf nehmen. Man würde z. B. nach der Kurve *S* bei Bemessung der Widerstände aller Masten für 30 kA nur bei 87 % aller Mast- und Erdseileinschläge die Sicherheit erhalten, daß keine rückwärtigen Überschläge auftreten.

Wenn nur die Erdungen einzelner Masten auf Grund der Kurve *S* der Abb. 1 beurteilt werden sollen, so beziehen sich die Verhältniszahlen selbstverständlich auf die Gesamtzahl aller Einschläge in den betreffenden Mast. Gibt z. B. die Erdung eines Mastes bei der vorhandenen Isolation nur eine Sicherheit bis zu 30 kA Stoßstrom, so muß man bei etwa 13 % der Einschläge in diesen Mast oder in die Erdseile seiner beiden Spannfelder mit rückwärtigen Überschlägen rechnen.

Es soll nochmals ausdrücklich hervorgehoben werden, daß durch ausreichend niedrige Masterdungswiderstände unmittelbar nur die Gefahr der rückwärtigen Überschläge bei Mast- und Erdseileinschlägen beseitigt werden kann, daß aber die Höhe der Widerstände ohne Einfluß darauf ist, ob es bei Einschlägen in Leiterseile zu Überschlägen kommt. Deshalb besteht für den Gewitterschutz von Freileitungen die zweite Forderung nach der Verhinderung von Leiterseileinschlägen. Diese Aufgabe fällt dem Erdseil zu. Die ausgezeichnete blitzauffangende Wirkung der Erdseile ist durch die Stahlstäbchenmessungen erwiesen worden. Je mehr Erdseile verlegt sind, desto vollkommener ist der Schutz gegen Leiterseileinschläge. Aber die beste Abschirmung durch mehrere Erdseile ist wertlos, wenn nicht durch ausreichend niedrige Masterdungswiderstände dafür gesorgt ist, daß die von den Erdseilen aufgefangenen Blitzschläge ohne die Gefahr rückwärtiger Überschläge an den benachbarten Masten zur Erde abgeleitet werden.

Für Leitungen von etwa 50 kV Betriebsspannung ab sind diese Zusammenhänge in ausreichend vielen Einzelfällen durch die Stahlstäbchennachweise bestätigt worden,

Digitized by Google

so daß bei Erfüllung der aufgestellten Anforderungen die Gewittersicherheit der Freileitungsanlagen unbedingt gewährleistet ist. Noch nicht restlos geklärt ist aber die Frage, ob auch bei Mittelspannungsleitungen, die ausreichenden Erdseilschutz haben, allein durch niedrige Erdübergangswiderstände der Masten die Gefahr des rückwärtigen Überschlages behoben werden kann. Nach den bisherigen Untersuchungen hat es den Anschein, als ob hier der Spannungsabfall des Stoßstromes am Erdungswiderstand des Mastes nicht allein ausschlaggebend ist, daß vielmehr noch andere Umstände mitwirken, wenn es zu Isolatorenüberschlägen kommt. Welcher Art die Vorgänge sind, die trotz ausreichend niedriger Erdungswiderstände bei nicht einmal sehr hohen Blitzstromstärken, die in mehreren Fällen an Mittelspannungsleitungen festgestellten Überschläge verursachen, ist durch Oszillogramme oder Messungen bisher noch nicht belegt. Theoretische Überlegungen über die beim Durchgang steiler Stoßströme möglichen induzierten Spannungsspitzen[7]) und die bei der Entladung von Wolken durch schnelle Feldänderungen verursachten Überspannungen[8]) ergeben zwar Werte bis zu einigen 100 kV, so daß also diese Erscheinungen als Ursachen in Frage kommen könnten, jedoch ist ein Kathodenstrahloszillogramm eines solchen ungeklärten Falles, das allein eindeutige Aufschlüsse geben könnte, noch nicht gelungen. Trotzdem gilt auch für Mittelspannungsleitungen die Forderung nach möglichst niedrigen Erdungswiderständen, die aus den Stahlstäbchenmessungen in zahlreichen Fällen als zutreffend erwiesen ist.

Über die Messung von Erdübergangswiderständen.

Erdübergangswiderstand im Sinne der besprochenen Anforderungen ist der beim Durchgang eines Stoßstromes wirksame Widerstandswert der Masterdung. Diesen „Stoßerdungswiderstand" zu messen, ist außerordentlich schwierig und erfordert mindestens eine leistungsfähige Anlage zur Erzeugung künstlicher Stoßströme und einen Kathodenstrahloszillographen zur Strom- und Spannungsmessung. Bisher ist man in den verschiedenen Ländern kaum über Ansätze zur Untersuchung dieser Frage hinausgekommen[9]), wenn man von den Versuchen über das Verhalten von Bodenseilen bei Spannungsstößen absieht, aus denen schon Ergebnisse vorliegen[10]). Man nimmt nun im allgemeinen übereinstimmend an, daß bei Erdern geringer räumlicher Ausdehnung (Plattenerder, Rohrerder) der bei Stoßvorgängen anfangs wirksame Übergangswiderstand gleich dem mit einer Widerstandsbrücke meßbaren Wert ist, bzw. bei Stoßströmen außerordentlich großer Steilheit höchstens das 1,5fache davon beträgt[11]).

Man mißt demnach die Übergangswiderstände der Masterdungen mit einer der üblichen Erdungsmeßbrücken[12]) und nimmt an, daß diese Werte auch bei Stoßstromdurchgängen wirksam sind. Nicht zulässig ist dies aber bei Bodenseilen sowie bei Strahlenerdern (Banderdern) mit großer Strahllänge (etwa über 50 m). Hierauf wird weiter unten noch ausführlich eingegangen. Die Blitzstromstärkenmessungen mit Stahlstäbchen haben schon in zahlreichen Fällen bestätigt, daß bei räumlich nicht ausgedehnten Erdern die mit der Meßbrücke gemessenen Widerstandswerte offenbar auch bei den Stoßvorgängen wirksam waren. Es muß aber doch darauf hingewiesen werden, daß die Belastungsverhältnisse eines Erders bei der Widerstandsmessung mit der Brücke und beim Stoßstromdurchgang gänzlich verschieden sind. Sind doch die Meßbrückenströme verschwindend klein gegenüber den möglichen Stoßströmen bis zu etwa 100 kA, so daß die Auswirkungen der stoßartig hohen Stromdichte auf das umgebende Erdreich im Meßergebnis nicht zum Ausdruck kommen können.

Trotz dieser Unvollkommenheiten der Ermittlung der wirksamen „Stoßerdungswiderstände" ist die regelmäßige Nachprüfung der Masterdungswiderstände mit Meßbrücken unentbehrlich für die Überwachung der Leitungsanlagen. Die Elektrizitätswerke sind auch in Erkenntnis der großen Bedeutung dieser Arbeiten in den letzten Jahren mehr und mehr zu einer regelmäßigen Durchmessung der Masterdungen übergegangen.

Kurz erwähnt sei noch, daß selbstverständlich bei diesen Messungen das Erdseil vom Mast isoliert werden muß, damit nur der Widerstand der Masterdung allein gemessen wird. Es genügt dazu, die Erdseilklemme zu öffnen, das Seil etwas anzuheben und durch ein Stück trockenes Holz vom Masteisen zu isolieren. Es ist aber sehr zu empfehlen, bei der Erdungsmessung an einem Mast nacheinander folgende Widerstandswerte zu bestimmen:

1. Mastfuß und Erder bei aufliegendem Erdseil,
2. Erder allein bei aufliegendem Erdseil,
3. Erder allein bei abgehobenem Erdseil,
4. Mastfuß allein bei abgehobenem Erdseil,
5. Mastfuß und Erder bei abgehobenem Erdseil.

Maßgebend ist allein der Wert 5. Die anderen Werte dienen nur Vergleichen, aus denen gewisse Rückschlüsse gezogen werden können. Ergeben z. B. die Messungen 3., 4. und 5. gleiche Werte, dann besteht zwischen Erder und Mastfuß im Erdboden eine Verbindung, d. h. Erder und Mastfuß können nicht getrennt erfaßt werden. Der Wert 1 muß stets erheblich niedriger sein als die übrigen Werte. Ist das nicht der Fall, dann läßt dies auf schlechten Kontakt des Erdseils in seiner Klemme schließen. Von den Werten 2. und 3. muß im allgemeinen der erste etwas niedriger sein, weil bei aufliegendem Erdseil der Mastfuß wegen der Parallelschaltung der übrigen Masten eine Unstetigkeitsstelle besonders guter Leitfähigkeit im Erdreich darstellt, die für den Erder bei der Messung zu günstige Verhältnisse vortäuscht. Schließlich kann an Hand der fünf angegebenen Widerstandswerte auch nachgeprüft werden, ob der mit der Messung Beauftragte zuverlässig gearbeitet hat.

Ausführung von Masterdungen.

Nunmehr sollen die bei Freileitungsmasten üblichen Erderarten etwas eingehender behandelt werden.

Der Mastfuß. Jeder Eisen- und Betonmast hat einen gewissen Erdübergangswiderstand, der bei gut leitendem Erdreich schon so niedrig sein kann, daß weitere Erder nicht notwendig sind. Auffallend ist, daß auch bei Eisenmasten mit Betongründung und bei Betonmasten, bei denen der Beton einen isolierenden Teer- oder Bitumenanstrich trägt, günstige Erdübergangswiderstände gemessen werden. Gerade hier ergibt sich die Frage, ob der niedrige Erdübergangswiderstand nicht nur bei der Messung mit den schwachen Meßbrückenströmen vorhanden, bei der Abfuhr eines Blitzstromes aber ein erheblich höherer Wert wirksam ist. Soweit es sich nach Stahlstäbchenmessungen beurteilen läßt, scheint das letztere nicht der Fall zu sein, jedoch liegen Ergebnisse aus besonderen Versuchen bisher noch nicht vor. Die vereinzelt vorgekommenen Fälle, in denen Betonmastgründungen bei Blitzeinschlägen aufgesprengt worden sind, haben auch noch keine Anhaltspunkte für eine eindeutige Beantwortung dieser Frage gegeben.

Manchmal kann man noch die Ansicht hören, ein Eisen- oder Betonmast, dem keine Erdplatte beigesetzt ist, sei als ungeerdeter Mast anzusehen. Diese Auffassung ist irrig. Zahlreiche Nachmessungen haben ergeben, daß bei Masten mit Erdplatten der Übergangswiderstand des Mastfußes allein geringer als bei der Erdplatte ist. Dazu kommt noch, daß man früher vielfach in Unkenntnis der Zusam-

[7]) A. Matthias, Gesamtbericht 2. Weltkraftkonf. Berlin 1930, Bd. 14 S. 518. V. Aigner, ETZ 56 (1935) S. 497 (weitere Quellen dort).
[8]) A. Matthias, ETZ 48 (1927) S. 1477. R. Rüdenberg, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 13 (1934) H. 2, S. 1.
[9]) L. Binder, Gewittertagung des Verb. Sächsischer Elektrizitätswerke Dresden 1932, S. 53. K. Berger, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 25 (1934) S. 227.
[10]) V. Aigner, ETZ 54 (1933) S. 1233. C. L. Fortescue und F. D. Fielder, Electr. Engng. 53 (1934) S. 1116 und Aussprache 54 (1935) S. 218 und 232. L. V. Bewley, Electr. Engng. 53 (1934) S. 1163 und Aussprache 54 (1935) S. 218 und 228. Auszüge davon in ETZ 56 (1935) S. 1381 und Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) Nr. 12, S. 332.
[11]) Berger, wie Fußnote 9.
[12]) J. Krönert, Arch. techn. Mess. V 35192-1, M. Pflier, Arch. techn. Mess. V 35192-2, März 1933.

Digitized by Google

menhänge die Erdplatte mit in die Mastgrube gelegt oder so nahe neben den Mast gesetzt hat, daß sie infolge der gegenseitigen Verdrängung der Feldlinien nur mangelhaft zur Verbesserung des Erdübergangswiderstandes beitragen kann. Die wichtigste Forderung ist deshalb, die etwa erforderlichen zusätzlichen Erder entweder einige Meter seitlich vom Mastfuß entfernt anzuordnen oder sie als Verlängerung des Mastfußes vom Boden der Mastgrube aus einzubringen. Nur dann beeinflussen sich der Mastfuß und der Erder nicht gegenseitig, sondern kommen beide voll zur Wirkung.

Der Plattenerder. Plattenerder wurden bisher überwiegend verwendet, und zwar als stark verzinkte Eisenplatten von 3 bis 5 mm Stärke und 0,5 m mal 0,5 m oder 1,0 m mal 1,0 m Fläche. Die Erdplatte muß stets senkrecht angeordnet werden, damit sie eine dauernd sichere Berührung mit dem umgebenden Erdreich hat (Gefahr der Hohlraumbildung bei waagerechter Lage) und mehrere Erdschichten durchsetzt. Wenn irgend möglich, soll die Erdplatte ausreichend tief ins Grundwasser reichen.

Der Rohrerder. Rohrerder sind von den Elektrizitätswerken in den letzten Jahren in großem Umfange bei den Erdungsverbesserungen an Freileitungsmasten verwendet worden[13]). Sie können einfacher als Plattenerder eingebracht und vor allem in größere Tiefen vorgetrieben werden. Gegenüber den Strahlenerdern haben sie den großen Vorzug der geringen Ausdehnung an der Erdoberfläche, was besonders bei der nachträglichen Herstellung zusätzlicher Erdungen in Kulturgelände wichtig sein kann. Der Widerstand eines Rohrerders hängt bei gegebener Bodenleitfähigkeit hauptsächlich von seiner Länge ab und nur sehr wenig vom Rohrdurchmesser. Zweckmäßig ist also die Verwendung langer dünner Rohre. Rohre bis zu 5 m Länge können im allgemeinen mit einfachen Schlag- oder Rammwerkzeugen in den Boden eingetrieben werden. Rohrerder größerer Länge (Tiefbrunnenerder) müssen meist unter Verwendung von Brunnenbohrwerkzeugen hergestellt werden. Die Verlegungskosten werden dann aber beträchtlich, besonders wenn man erst in Tiefen von 20 bis 40 m auf besser leitfähige Bodenschichten trifft. Solche Verhältnisse sind leider oft bei ganzen Leitungsstrecken nichts Ungewöhnliches. Auch bei Masten auf Felsboden sind oft ein oder mehrere Rohrerder die einzige Möglichkeit, einen einigermaßen brauchbaren Erdungswiderstand zu erhalten. Dann müssen auch schon kurze Rohre nach dem Bohrverfahren eingebracht werden.

Reicht ein Rohrerder nicht aus, so müssen weitere Rohre ausreichend großen waagerechten Abstand haben, da sonst der Gütegrad der Erdung (Verhältnis des tatsächlichen Widerstandes der gesamten Erderanordnung zu dem theoretischen Wert bei unendlich großem gegenseitigem Abstand) schlecht ist. In Abb. 3 ist z. B. für zwei Rohrerder von 4 m Länge bei drei verschiedenen Bodenleitfähigkeiten die Abhängigkeit des Übergangswiderstandes vom Abstand $2a$ der Rohre dargestellt, und zwar ist das Verhältnis des Gesamtwiderstandes zum Widerstand eines Rohres allein angegeben. Man sieht, daß erst bei 4 bis 5 m Abstand nahezu die etwas über 50 % liegenden Endwerte erreicht werden. Bei 2 und 3 m Abstand ist, besonders bei dem schlechtleitenden Boden (oberste Kurve), noch eine erhebliche gegenseitige Beeinträchtigung vorhanden.

Vielfach sieht man bei Rohrerdern die Möglichkeit vor, den Grundwasserstand nachzuprüfen, indem man das untere Rohrende durchlöchert und oben einen Deckel aufsetzt. Oder man durchlöchert das Rohr auf seiner ganzen Länge und sieht in bestimmten Zeitabständen eine Einfüllung von Salz- oder Sodalösungen vor, um die Bodenleitfähigkeit des umgebenden Erdreiches hochzuhalten (Tränkerder)[14]). Demselben Zweck dient eine Einstampfung um den Rohrerder aus Schlacken und Feilspänen oder eine Salzfüllung des Bohrloches. Solche besonderen Maßnahmen sind aber nur erforderlich, wenn die Bodenleitfähigkeit bis zu größerer Tiefe sehr schlecht ist (z. B. bei Quarzsand). Man wird bei Freileitungserdern möglichst alles vermeiden, was eine laufende Unterhaltung notwendig macht und wird Erder anstreben, die ihre günstigen Widerstandswerte unbeeinflußt von den Leitfähigkeitsschwankungen der oberen Erdschichten beibehalten. Gerade dieser Gesichtspunkt spricht sehr für den Rohrerder, der bei nicht zu ungünstigen Umständen ausreichend tief ins Grundwasser oder wenigstens in dauernd gleichmäßig durchfeuchtete Bodenschichten reicht.

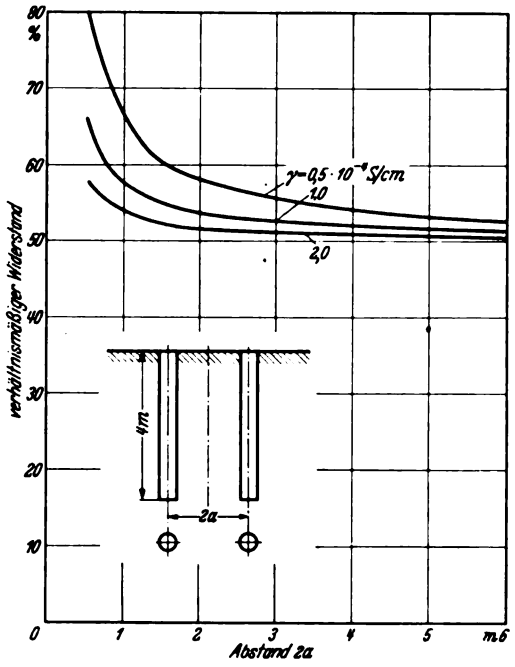


Abb. 3. Erdübergangswiderstand von 2 parallelgeschalteten Rohren in Abhängigkeit von ihrem Abstand, bezogen auf den Widerstand eines einzigen Rohres, für verschiedene Bodenleitfähigkeiten.

In diesem Zusammenhang sei kurz folgender Vorschlag von A. Matthias für eine einheitliche Ausführung der Masterdungen bei Leitungsneubauten erwähnt. Statt an jedem Mast erst durch Voruntersuchungen festzustellen, welche Erderart und -anordnung nach den gegebenen Bodenverhältnissen zweckmäßig ist, also statt einer teueren Einzelanfertigung der Erder, sollen in einem gut vorbereiteten Arbeitsverfahren die Erder an allen Masten folgendermaßen einheitlich ausgeführt werden. Dem Arbeitstrupp, der die Mastgruben aushebt, folgt ein Trupp, der unter Verwendung besonderer zweckentsprechender Schlag- oder Rammgeräte vom Boden jeder Mastgrube aus in den Ecken einheitlich bis zu vier möglichst lange Rohre eintreibt, die zweckmäßig etwas schräg nach außen gestellt werden. Die Rohre werden nach dem Aufrichten der Masten mit einheitlichen, fertig vorbereiteten Verbindungs- und Befestigungsstücken an die Masteisen angeschlossen. Ein derart aufgebautes Arbeitsverfahren gewährleistet eine billige Herstellung guter Erdungen. Durch das Eintreiben vom Boden der Mastgrube aus kommt man mit den Rohrerdern 2,5 bis 3 m tiefer als von der Erdoberfläche aus, hat also eher Aussicht, Grundwasser oder stets gut durchfeuchtete Bodenschichten zu erreichen. Außerdem gibt der erhöhte Bodendruck eine innige Berührung zwischen den Rohren und dem Erdreich. Nach dem Aufstellen aller Masten werden dann ihre Erdungswiderstände nachgeprüft und nur an den Masten, die noch zu hohe Widerstandswerte haben, weitere zusätzliche Erder hergestellt. *(Schluß folgt.)*

[13]) G. Lehmann, ETZ 53 (1932) S. 980 und 1252.
[14]) W. Koch, Siemens-Z. 13 (1933) S. 24.

Digitized by Google

Zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme in vorbelasteten einfach und mehrfach gespeisten Netzen.

Von A. v. Timascheff, Berlin.

621. 316. 13. 014. 3

Übersicht. Dem in Deutschland durch den VDE empfohlenen Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Kurzschlußströme[1]) — kurz R.E.H.-Anhang genannt — ist in letzter Zeit[2]) vorgehalten worden, die Vorbelastungen der Kraftwerke wären in ihm nicht oder nicht genügend berücksichtigt, weshalb man (beim mehrfach gespeisten Kurzschluß) im allgemeinen zu hohe Kurzschlußströme erhielte. In der vorliegenden Arbeit[3]) soll im Rahmen einer Übersicht über einige im Schrifttum vorgeschlagene Verfahren untersucht werden, wie weit die am R.E.H.-Anhang geübte Kritik berechtigt ist.

I. Der einfach gespeiste Kurzschluß.

1. Der Haupteinfluß der Vorbelastung auf das Ergebnis der Kurzschlußberechnung besteht in der erhöhten Generatorerregung, da der Kurzschlußstrom ihr in erster Näherung proportional ist. Der R.E.H.-Anhang berücksichtigt dieses durch Einführung der gegenüber dem Leerlauf im Verhältnis v erhöhten relativen Erregung, vgl. § 8.

2. Ein weiterer wichtiger Einfluß der Vorbelastung besteht darin, daß der von den Verbrauchern während des Kurzschlusses noch aufgenommene Strom in den Reaktanzen, insbesondere in der inneren Generatorreaktanz, die meistens viel größer als die Reaktanz des Leitungsnetzes ist, einen zusätzlichen Spannungsabfall erzeugt und auf diese Weise ein gewisses Zurückgehen der eigentlichen Kurzschlußströme verursacht.

Auch diesem Einfluß ist im R.E.H.-Anhang Rechnung getragen worden. Für den einfach gespeisten Kurzschluß ist die Anleitung hierzu im § 23 enthalten. Es wird dort vorgeschrieben, die resultierende Außenimpedanz für einen Generator als „Parallelschaltung der Vorbelastungsimpedanz und der Netzreaktanz der Kurzschlußbahn" zu ermitteln. Diese Vorschrift läßt sich unter zweierlei Formen verwenden:

a) Wenn man beim einfach gespeisten Kurzschluß die Vorbelastungsimpedanz an den Generatorsammelschienen annimmt, was der Vernachlässigung des meist geringen Einflusses der Spannungsabfälle der Verbraucherströme im Leitungsnetz gleichkommt, so kann die Weiterrechnung ohne weiteres nach dem eben erwähnten § 23 b erfolgen. Die Reaktanz der Kurzschlußstrombahn zwischen Generatorsammelschiene und Kurzschlußort wird für das reine Verteilungsnetz ohne die an die Generatoren verlagerten Verbraucherimpedanzen bestimmt. Die Netz- und Verbraucherimpedanzen werden alsdann parallelgeschaltet und bilden für den Generator die gesamte Außenimpedanz.

b) Wenn man beim einfach gespeisten Kurzschluß genauer rechnen will, so nimmt man die Verbraucherimpedanzen an ihren tatsächlichen Stellen an. Die Parallelschaltungsimpedanz wird jetzt nur mit dem gesunden und kranken Zweig von ihrer Verzweigungsstelle ab ausgerechnet, während die Impedanz des davorliegenden Teiles addiert wird. Sinngemäß wird auch bei stark vermaschten einfach gespeisten Schaltungen verfahren.

II. Der mehrfach gespeiste Kurzschluß.

1. Allgemeines.

Im Schrifttum sind mehrere Verfahren zur Berechnung von mehrfach gespeisten Kurzschlüssen bekannt geworden, die sich an den R.E.H.-Anhang anlehnen. Die Schwierigkeit bei der Berechnung des mehrfach gespeisten Kurzschlusses besteht darin, das Gesamtnetz in einzelne Gebiete (Kurzschlußgebiete) aufzutrennen, von denen jedes nur von einem Generator mit Strom gespeist wird. Die Wirkung eines solchen Teilgebietes auf den entsprechenden Generator kann durch die Annahme einer äquivalenten wirksamen Außenimpedanz an seinen Klemmen ersetzt werden. Mit Hilfe dieser Außenimpedanz ist die nachträgliche Berücksichtigung der Sättigung bei der Bestimmung des Kurzschlußstromes möglich.

Alle Verfahren beschreiten den Weg, zunächst die wirksame Außenimpedanz unter Vernachlässigung der Sättigung zu ermitteln. Infolge dieser Vereinfachung ist aber die Aufgabe in einem einzigen Rechnungsgang nicht endgültig zu lösen. Es besteht jedoch stets die Möglichkeit, die unter Vernachlässigung der Sättigung bestimmten Außenimpedanzen mit Hilfe der sich am Schluß jeder Kurzschlußrechnung ergebenden Restspannungen an den Generatorklemmen nachzuprüfen und gegebenenfalls die Rechnung in zweiter Näherung durchzuführen. Praktisch zeigt es sich, daß eine zweite Näherung nur sehr selten erforderlich ist, sofern die erste nach einem zuverlässigen Verfahren durchgeführt worden ist. Der Anwendungsbereich und die Genauigkeit der verschiedenen Verfahren sind sehr ungleich. Die folgende Tafel 1 möge diese Unterschiede vorab in kurzer und übersichtlicher Form veranschaulichen.

[1]) Gemäß dem Anhang zu den Regeln für Hochspannungsgeräte R.E.H. 1929 (Sonderdruck VDE 0670/1929) „Verfahren zur Berechnung von Kurzschlußströmen und Schalterleistungen".
[2]) H. Grünewald, ETZ 56 (1935) S. 33.
[3]) Mitteilung aus der Wissenschaftlichen Abteilung der SSW.

Tafel 1.

Bezeichnung	Benennung des Verfahrens	Herkunft	Anwendungsbereich	von den Wirkungen der Vorbelastung wird berücksichtigt: erhöhte Generatorerregung	Spannungsabfall im Generator durch Ströme, die während d. Kurzschl. v. d. Verbr. aufgenommen werden	Verbraucherimpedanzen bei der Auftrennung des Netzes	Spannungsabfall im Netz durch Ströme, die während d. Kurzschlusses v. d. Verbr. aufgenommen werden
A	überschlägiges Verfahren	R.E.H.-Anhang Teil-Anwendung	allgemein	ja	nein	nein	nein
B	Näherungs-Verfahren	R.E.H.-Anhang*)		ja	ja	nein	nein
C	verbessertes Verfahren	H. Grünewald**)		ja	ja	ja	nein
D	genaues Verfahren	SSW †)		ja	ja	ja	ja
E	direktes Verfahren	SSW ††)	nur bei gleichgroßen inneren Spannungen	ja	ja	ja	ja

*) Vgl. R. Rüdenberg: Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken. Berlin: Julius Springer 1925.
**) ETZ 56 (1935) S. 33.
†) Vgl. H. Maass, Siemens-Z. 16 (1936) S. 115.
††) W. Koch u. R. Völzing, Siemens-Z. 14 (1934) S. 201.

Digitized by Google

Die verschiedenen Verfahren werden nachstehend erläutert. Folgende allgemeine Gesichtspunkte sind zunächst zu beachten. Die Verfahren A bis D sind insofern untereinander verwandt, als sie alle von einer Rechnung in zwei Stufen Gebrauch machen, teilweise unter Anwendung des weiter unten beschriebenen, allgemein gültigen Überlagerungsprinzips. Das Verfahren E steht dagegen abseits, da es die Rechnung in einer Stufe erledigt, dafür aber eine starke Einschränkung des zulässigen Anwendungsbereiches in Kauf nehmen muß.

2. Das Überlagerungsprinzip.

Bei Vernachlässigung der Sättigung sind alle Systemkonstanten unveränderlich, und es wäre daher grundsätzlich möglich, die Stromverteilung in einem beliebig verzweigten Netz durch Lösung der Kirchhoffschen Gleichungen zu ermitteln. Praktisch wird aber die Rechnung bei einigermaßen verwickelten Netzen langwierig. Infolgedessen strebt man danach, den Weg über die Auflösung der allgemeinen Gleichungen zu vermeiden. Da man es mit einem System zu tun hat, das in allen Teilen linear ist, so läßt sich stets das altbekannte Überlagerungs- oder Superpositionsprinzip anwenden, das darauf beruht, mehrere einfache Teillösungen zu addieren[4]).

Bei der Kurzschlußberechnung mit Vernachlässigung der Sättigung läßt sich das Prinzip in folgender Weise anwenden. Die im Kurzschlußzustand vorhandene Stromverteilung in allen Teilen des Systems wird aufgefaßt als Überlagerung von zwei Stromverteilungen. Die erste entspricht dem Zustand vor dem Kurzschluß; die treibenden Spannungen sind in diesem Fall die inneren Spannungen aller Generatoren; die Ströme werden von den Verbrauchern aufgenommen, die wir als unveränderliche Impedanzen ansehen. Die Spannung an der späteren Kurzschlußstelle hat zunächst noch einen endlichen, im allgemeinen von den Generatorklemmenspannungen abweichenden Wert. Das zweite Stromsystem wird von einer Spannung erzeugt, die jetzt als einzige im gesamten System angenommen wird. Sie wird an der Kurzschlußstelle aufgedrückt und ist entgegengesetzt gleich derjenigen Spannung, die an dieser Stelle vor dem Kurzschluß bestanden hat, so daß sie diese zu Null ergänzt.

Dieser klare und einfache Weg der Überlagerung ist bereits in den R.E.H. § 33 und auch ausführlich in der ETZ-Aufsatzreihe zur Erläuterung des R.E.H.-Anhanges[5]) angegeben worden.

Beim Verfahren A werden die Vorbelastungsströme vernachlässigt und nur die Spannungen überlagert.

Beim Näherungsverfahren B werden nicht zwei Stromsysteme, sondern näherungsweise die ihnen entsprechenden Leitwerte überlagert, so daß auch hier das Überlagerungsprinzip noch nicht voll zur Geltung gelangt, da es nur für Ströme und Spannungen einwandfrei ist.

Bei den Verfahren C und D wird das Überlagerungsprinzip dagegen im vollen Umfang angewandt: Spannungen und Ströme werden überlagert.

3. Erläuterung der einzelnen Verfahren.

Im folgenden ist die Anwendung der verschiedenen Verfahren für ein schematisches Beispiel, Abb. 1, veranschaulicht, und zwar in den Abb. 2, I bis XIII, die der Übersicht halber nebeneinandergestellt und weiter unten genau erläutert sind. Folgende Bezeichnungen werden gebraucht:

Phasenspannungen:
- $\mathfrak{E}$ innere Generatorspannung
- $\mathfrak{U}$ Generatorklemmenspannung
- $\mathfrak{U}^*$ Spannung an der späteren Kurzschlußstelle (letztere ist in den Bildern durch einen fetten schwarzen Punkt angedeutet)

$\mathfrak{J}$ Vorbelastungsstrom eines Generators

$\mathfrak{J}^*$ überlagerter Strom eines Generators

$\mathfrak{J}_k$ Kurzschlußstrom eines Generators

$\mathfrak{Z}_g$ Generatorimpedanz

$\frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{J}} = \mathfrak{Z}$ Vorbelastungsimpedanz

$\frac{\mathfrak{U}^*}{\mathfrak{J}^*} = \mathfrak{Z}^*$ Gesamtimpedanz für die Strombahn des überlagerten Stromes eines Generators

$\mathfrak{Z}_{res}$ resultierende Außenimpedanz eines Generators

$\mathfrak{Z}_\Sigma = \mathfrak{Z}_g + \mathfrak{Z}_{res}$ resultierende Gesamtimpedanz der Kurzschlußstrombahn eines Generators.

Die soeben definierten Größen haben bei Anwendung verschiedener Verfahren z. T. verschiedene Zahlenwerte. Z. B. ist der überlagerte Strom $\mathfrak{J}^*$ bei Anwendung des Verfahrens B oder C offenbar verschieden, da die Verbraucherimpedanz im ersten Fall vernachlässigt, im zweiten dagegen berücksichtigt wird.

Bei allen Rechnungen für die Bestimmung der wirksamen Außenimpedanz nach einem beliebigen Verfahren haben wir den allgemeinen Fall eines ohmisch-induktiven Netzes angenommen und rechnen daher stets mit Impedanzen $\mathfrak{Z}$. Praktische Zahlenrechnungen müssen daher in diesem allgemeinsten Fall in komplexer Form geschehen. Sofern man aber den ohmschen Widerstand R vernachlässigt, tritt die Reaktanz X an Stelle von $\mathfrak{Z}$, und die Rechnung wird rein reell. Wir haben die allgemeinere Form in den Formeln beibehalten, weil sie grundsätzlich keinerlei Schwierigkeiten bietet und sich so als selbstverständliche Erweiterung der Rechnung für rein induktive Kurzschlüsse ergibt.

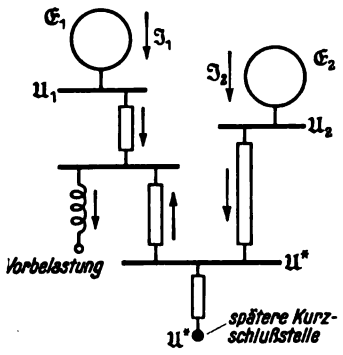


Abb. 1. Beispiel eines vorbelasteten Netzes mit mehrfacher Speisung.

In der letzten Spalte der Zusammenstellung der Abb. 2 ist die Schlußformel für die Ermittlung der wirksamen Außenimpedanz nach den verschiedenen Verfahren angegeben; die danebenstehende Nummer verweist auf die entsprechende Gleichung im Text.

A) Überschlägiges Verfahren. — Dieses einfachste Verfahren vernachlässigt vollständig die Verbraucherimpedanzen (Abb. 2, I); die für den Generator wirksame Außenimpedanz $\mathfrak{Z}_{res}$ wird aus dem überlagerten Stromsystem allein (Abb. 2, II) ermittelt, da das resultierende Kurzschlußstromsystem $\mathfrak{J}_k$ (Abb. 2, III) dank der Vernachlässigung der Vorbelastungsströme (Abb. 2, I) mit dem überlagerten $\mathfrak{J}^*$ identisch ist:

$$\mathfrak{Z}_{res} = \frac{\mathfrak{U}^*}{\mathfrak{J}_k} - \mathfrak{Z}_g = \frac{\mathfrak{U}^*}{\mathfrak{J}^*} - \mathfrak{Z}_g = \mathfrak{Z}^* - \mathfrak{Z}_g . \qquad (1)$$

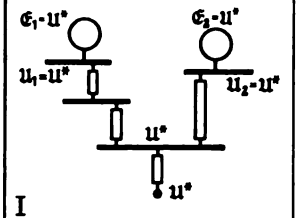
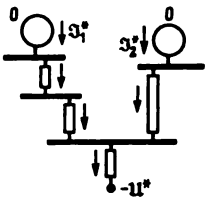
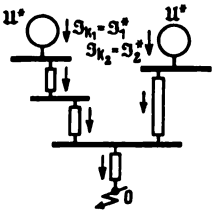
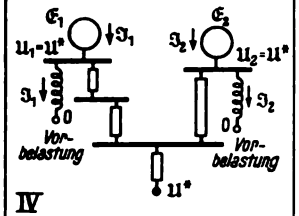
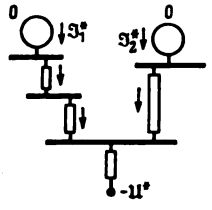
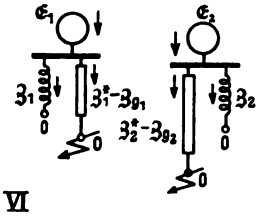
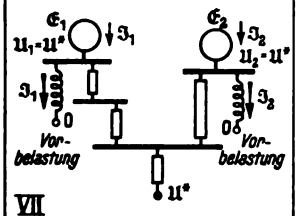
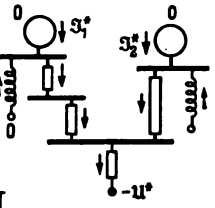
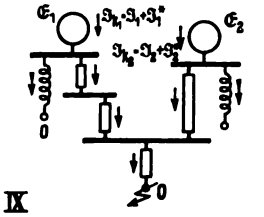
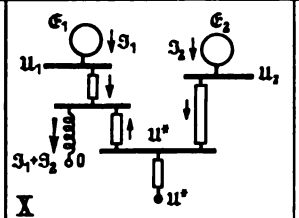
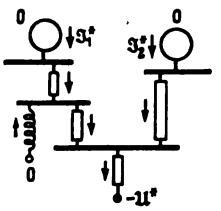
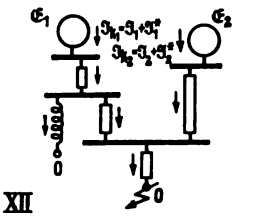
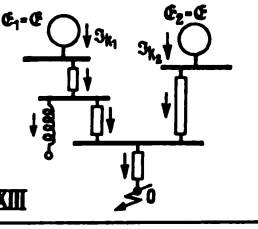
Berücksichtigt wird bei der weiteren Rechnung die erhöhte Generatorerregung. Kurzschlußströme von Generatoren, die nahe an der Kurzschlußstelle liegen, ergeben sich bereits bei Anwendung dieses einfachen Verfahrens mit guter Genauigkeit. Bei der Nachrechnung entfernter Kurzschlüsse (Netzimpedanz groß) von Generatoren mit großer Eigenbelastung (Verbraucherimpedanz klein und den Generatorklemmen nahe) können sich zu hohe Kurzschlußströme ergeben.

B) Näherungsverfahren. — Das im Abschnitt I unter a) für den einfach gespeisten Kurzschluß geschilderte Verfahren läßt sich als Näherungsrechnung auch bei mehrfach gespeisten Kurzschlüssen verwenden. Im R.E.H.-Anhang, § 33 d, wird dementsprechend auf den Abschnitt E zurückverwiesen, in dem die

[4]) W. Smaasen, Vom dynamischen Gleichgewicht der Electricität in einer Ebene oder einem Körper, § 4. Ann. Physik 69 (1846) S. 161. — H. Helmholtz, Über einige Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern mit Anwendung auf die thierisch elektrischen Versuche. Ann. Physik 89 (1853) S. 211. — K. Küpfmüller: Einführung in die theoretische Elektrotechnik, S. 15. Berlin: 1932. — Die Anwendung des Überlagerungsprinzips auf die Kurzschlußberechnung: R. A. Shetzline, J. Amer. Inst. electr. Engr. 43 (1924) S. 1014.

[5]) F. Ollendorff, ETZ 52 (1931) S. 1524, rechte Spalte.

Digitized by Google

Verfahren:	Vorbelastungszustand	überlagerter Zustand	Kurzschlußzustand	$\mathfrak{Z}_{res}$ für jeden Generator
A	 I	 II	 III	$\mathfrak{Z}^* - \mathfrak{Z}_g$ Gl (1)
B	 IV	 V	 VI	$\frac{\mathfrak{Z}(\mathfrak{Z}^*-\mathfrak{Z}_g)}{\mathfrak{Z}+(\mathfrak{Z}^*-\mathfrak{Z}_g)}$ Gl (2)
C	 VII	 VIII	 IX	$\frac{\mathfrak{Z}(\mathfrak{Z}^*-\mathfrak{Z}_g)}{\mathfrak{Z}+\mathfrak{Z}^*}$ Gl (3)
D	 X	 XI	 XII	$\frac{\mathfrak{Z}\left(\mathfrak{Z}^*\frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{U}^*}-\mathfrak{Z}_g\right)}{\mathfrak{Z}+\mathfrak{Z}^*\frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{U}^*}}$ Gl (8)
E	—	—	 XIII	$\mathfrak{Z}_x - \mathfrak{Z}_g$ Gl (10)

Die Zahlenwerte der bei den verschiedenen Verfahren mit gleichen Buchstaben bezeichneten Größen sind z. T. verschieden. So z. B. ist der überlagerte Strom $\mathfrak{Z}^*$ bei Anwendung des Verfahrens B oder C offenbar verschieden, da die Verbraucherimpedanz im ersten Fall vernachlässigt, im zweiten dagegen berücksichtigt wird.

Abb. 2. Bestimmung der resultierenden Außenimpedanz eines Generators.

Behandlung der Vorbelastung enthalten ist. Die Kurzschluß-Versorgungsgebiete bzw. die jedem Generator entsprechenden „Netzimpedanzen" $(\mathfrak{Z}^* - \mathfrak{Z}_g)$ werden hiernach ohne Beachtung der Impedanzen $\mathfrak{Z}$ der Verbraucher bestimmt (§ 33), vgl. Abb. 2, V. Sodann wird die jedem Generator zugeordnete Vorbelastung (Abb. 2, VI) an seinen Klemmen parallelgeschaltet, vgl. Abb. 2, VI (§ 23), woraus sich die resultierende Außenimpedanz ergibt:

$$\mathfrak{Z}_{res} = \frac{\mathfrak{Z}\,(\mathfrak{Z}^* - \mathfrak{Z}_g)}{\mathfrak{Z} + (\mathfrak{Z}^* - \mathfrak{Z}_g)}. \qquad (2)$$

Für die weitere Rechnung wird das tatsächliche Erregungsverhältnis v eingeführt. Zu beachten ist, daß nach diesem Verfahren nur der Spannungsabfall der von den Verbrauchern während des Kurzschlusses noch aufgenommenen Ströme in den Leitungs- und Transformatorimpedanzen vernachlässigt wird, und daß die geringfügige Änderung der Grenzen der Kurzschluß-Versorgungsgebiete der einzelnen Generatoren unter dem Einfluß der Vernachlässigung der Belastungsimpedanzen (Abb. 2, V) in Kauf genommen werden muß. Die Genauigkeit des eben beschriebenen Verfahrens genügt in den meisten Fällen praktisch vollständig.

C) Verbesserte Verfahren. — Dieses Verfahren (Abb. 2, VII bis 2, IX) unterscheidet sich von dem vorhergehenden dadurch, daß die Verbraucherimpedanzen schon bei der Bestimmung der Kurzschlußgebiete an den Klemmen der betreffenden Generatoren angenommen werden (Abb. 2, VIII). Statt der Leitwerte werden jetzt die Vorbelastungs- und die überlagerten Ströme superponiert. Dieses bringt eine gewisse Verfeinerung des Verfahrens B. Die Wirkung des Spannungsabfalles der von den Verbrauchern während des Kurzschlusses aufgenommenen Ströme bleibt auch bei diesem Verfahren unberücksichtigt.

Das Wesen des Verfahrens kann als Sonderfall des weiter unten ausführlich beschriebenen genauen Verfahrens D aufgefaßt und ganz ähnlich abgeleitet werden. Es besteht darin, den Kurzschlußstrom $\mathfrak{Z}_k$ als Summe des Vorbelastungsstromes $\mathfrak{Z}$ und des überlagerten Stromes $\mathfrak{Z}^*$ sowie die innere Spannung $\mathfrak{E}$ zu ermitteln. Aus $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{Z}_k$ ergibt sich die Impedanz der gesamten für den Generator

Digitized by Google

wirksamen Kurzschlußbahn, und — nach Abzug der Generatorimpedanz $\mathfrak{Z}_g$ — die wirksame Außenimpedanz $\mathfrak{Z}_{res}$:

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{Z}_{res} &= \frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{Z}+\mathfrak{Z}^*} - \mathfrak{Z}_g = \frac{\mathfrak{U}^* + \mathfrak{J}\,\mathfrak{Z}_g - (\mathfrak{J}+\mathfrak{J}^*)\,\mathfrak{Z}_g}{\mathfrak{Z}+\mathfrak{Z}^*} \\ &= \frac{\frac{\mathfrak{U}^*}{\mathfrak{J}}\left(\frac{\mathfrak{U}^*}{\mathfrak{J}^*} - \mathfrak{Z}_g\right)}{\frac{\mathfrak{U}^*}{\mathfrak{J}} + \frac{\mathfrak{U}^*}{\mathfrak{J}^*}} = \frac{\mathfrak{Z}\,(\mathfrak{Z}^* - \mathfrak{Z}_g)}{\mathfrak{Z}+\mathfrak{Z}^*}.\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Die einzige Bedingung, die zur Anwendung dieser Formel erfüllt sein muß, ist die Verlagerung der Belastungen von ihren tatsächlichen Stellen an die Generatorsammelschienen und die Annahme der Stromlosigkeit des Netzes vor dem Kurzschluß, also $\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_2 = \mathfrak{U}^*$.

Der in Formel (3) ganz rechts stehende Ausdruck läßt sich durch Zusammenziehen der auf ganz anderem Wege gewonnenen Gl. (3) und (4) aus dem Abschnitt „Vereinfachtes Verfahren" eines Aufsatzes von H. Grünewald [ETZ 56 (1935) S. 34] ableiten, wenn man für die Größe X die mit ihr identische Größe $\mathfrak{Z}^*$ (nach unserer Bezeichnung) einsetzt.

Die zweite an der angegebenen Stelle formulierte Bedingung für die Anwendbarkeit der Gl. (3):

> Gleichheit des Verhältnisses zwischen der gesamten Ankerreaktanz $X_a + X_s$ zur Vorbelastungsreaktanz für jede Maschine

wurde daraus abgeleitet, daß die Übereinstimmung der Reaktanz des in jedem Generator fließenden Kurzschlußstromes bei Aufprägung einer Spannung am Kurzschlußpunkt mit der Reaktanz des von der Generatorsammelschiene in das Leitungsnetz abfließenden Kurzschlußstromes bei Aufprägung der inneren Generatorspannung angestrebt wurde.

Im Sonderfall gleicher innerer Maschinenspannungen ist die zweite Bedingung gleichbedeutend mit der durch die Verlagerung der Belastungen an die zugehörigen Generatorsammelschienen naturgemäß entstehenden Stromlosigkeit des Netzes. Im allgemeineren Fall verschiedener innerer Spannungen, für den dieses Verfahren ebenfalls richtig ist, braucht nur die Stromlosigkeit des Netzes erfüllt zu sein. Die Gleichheit des Reaktanzverhältnisses besteht dann nicht mehr.

D) Genaues Verfahren (Abb. 2, X bis 2, XII. — Im Abschnitt I, b) ist gezeigt worden, wie man beim einfach gespeisten Kurzschluß alle Einflüsse der Vorbelastung berücksichtigen kann, insbesondere auch des Spannungsabfalles im Leitungsnetz, hervorgerufen durch die während des Kurzschlusses noch aufgenommenen Verbraucherströme. Dagegen ist im R.E.H.-Anhang nicht im einzelnen angegeben, wie man eine solche Rechnung auf mehrfach gespeiste vorbelastete Netze übertragen soll. Für eine solche sehr verfeinerte Berechnungsweise sind auch weitere Überlegungen erforderlich. Diese wurden bei den SSW vor mehreren Jahren durchgeführt[6]), aber damals nicht veröffentlicht, weil sie in der Regel nur eine geringfügige Erhöhung der Genauigkeit bringen. Da jedoch das genaue Verfahren — unter Beachtung der gemachten Vorbehalte — in der weiter unten dargelegten Form logisch das durchsichtigste und einfachste ist, so soll es aus diesem Grunde hier beschrieben werden.

Für jeden Generator wird zunächst die innere EMK im Vorbelastungszustande bestimmt, und zwar z. B. für Generator 1 zu

$$\mathfrak{E}_1 = \mathfrak{U}_1 + \mathfrak{J}_1\,\mathfrak{Z}_{g_1}, \quad (4)$$

wobei $\mathfrak{E}_1$, die Klemmenspannung $\mathfrak{U}_1$ und der Belastungsstrom vor dem Kurzschluß $\mathfrak{J}_1$ im allgemeinen vektoriell zu verstehen sind. Auf der rechten Seite ist der Vorbelastungstrom der Größe nach und in bezug auf die Klemmenspannung auch der Phase nach als bekannt anzusehen.

Jetzt wird der gesamte Kurzschlußstrom $\mathfrak{J}_{k_1}$, $\mathfrak{J}_{k_2}$ usw. jedes Generators gesucht. Man erhält den Kurzschlußzustand als Überlagerung des Stromsystems vor dem Kurzschluß (Abb. 2, X) mit einem Stromsystem, das von einer einzigen Spannung $-\mathfrak{U}^*$ an der Kurzschlußstelle herrührt, welche die dort früher vorhanden gewesene Spannung $\mathfrak{U}^*$ zu Null ergänzt (Abb. 2, XI). Dann wird z. B. für den Generator 1 der überlagerte Strom $\mathfrak{J}_1^*$ ermittelt, der im allgemeinen, bei komplexen Widerständen, gegen die überlagerte Spannung an der Kurzschlußstelle $-\mathfrak{U}^*$ phasenverschoben ist. Da jedoch diese Phasenverschiebung sich bei der Rechnung von selbst ergibt und die Phasenverschiebung zwischen $\mathfrak{U}_1$ an den Klemmen des Generators vor dem Kurzschluß und $\mathfrak{U}^*$ bekannt ist, so ist auch die Phase $\mathfrak{J}_1^*$ gegen $\mathfrak{J}_1$ bekannt.

Man erhält also den gesamten Kurzschlußstrom des Generators 1 bei Vernachlässigung der Sättigung z. B. zu (Abb. 2, XII):

$$\mathfrak{J}_{k_1} = \mathfrak{J}_1 + \mathfrak{J}_1^*. \quad (5)$$

Die gesamte wirksame Impedanz für den Stromkreis des Generators ist offenbar

$$\mathfrak{Z}_\Sigma = \frac{\mathfrak{E}_1}{\mathfrak{J}_{k_1}}, \quad (6)$$

und die gesamte „resultierende Netzimpedanz" oder Außenimpedanz jedes Generators, die wir suchen, ist unter Fortlassung des Index

$$\mathfrak{Z}_{res} = \frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{J}_k} - \mathfrak{Z}_g. \quad (7)$$

Wir formen um:

$$\mathfrak{Z}_{res} = \frac{\mathfrak{U} + \mathfrak{J}\,\mathfrak{Z}_g}{\mathfrak{J}+\mathfrak{J}^*} - \mathfrak{Z}_g = \frac{\mathfrak{U} - \mathfrak{J}^*\,\mathfrak{Z}_g}{\mathfrak{J}+\mathfrak{J}^*}.$$

Nach Erweiterung mit $\mathfrak{Z}/\mathfrak{Z}^*$ ergibt sich:

$$\mathfrak{Z}_{res} = \frac{3\left(\frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{J}^*} - \mathfrak{Z}_g\right)}{3\,\frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{J}^*} + 3} = \frac{3\left(\mathfrak{Z}^*\,\frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{U}^*} - \mathfrak{Z}_g\right)}{3 + \mathfrak{Z}^*\,\frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{U}^*}}. \quad (8)$$

Bei rein induktiven Netz- und Verbraucherwiderständen kann die ganze Rechnung offenbar in reeller Form durchgeführt werden und ist dabei ganz elementar.

Ein Sonderfall des eben geschilderten Verfahrens ergibt sich, wenn alle Belastungen an den Generatorklemmen liegen und das Netz daher vor dem Kurzschluß stromlos ist. Es ist dies gerade der oben betrachtete Fall C. Wegen Stromlosigkeit des Netzes zwischen den Sammelschienen vor dem Kurzschluß ist $\mathfrak{U} = \mathfrak{U}^*$, und (8) geht in (3) über.

E) Direktes Verfahren (Abb. 2, XIII). — Ein weiterer Sonderfall tritt auf, wenn alle inneren Spannungen aller Maschinen größen- und phasengleich sind. In diesem Fall ist die Anwendung des folgenden Verfahrens[7]) zulässig, das bei Benutzung eines Netzmodells eine bedeutende Zeitersparnis gestattet. Die für die Richtigkeit dieses Verfahrens erforderliche Gleichheit der inneren Maschinenspannungen kann z. B. bei gleichartigen und gleichartig belasteten Maschinen auftreten. In diesem Fall (Abb. 2, XIII) kann man die Anwendung des Überlagerungsverfahrens vermeiden, denn alle EMKe lassen sich im Ersatzbild (Abb. 2, X) offenbar durch eine einzige EMK ersetzen, so daß die Anwendung der Kirchhoffschen Gleichungen sehr einfach ist: es ist nur erforderlich, den resultierenden Widerstand der mehr oder weniger verwickelten Verzweigung der einzelnen Netzteile zu berechnen. Hieraus ergibt sich der gesamte Kurzschlußstrom aller Generatoren, dessen Aufteilung auf die einzelnen Maschinen ($\mathfrak{J}_{k_1}$ usw.) ohne Schwierigkeit ermittelt werden kann. Die jedem Generator entsprechende gesamte wirksame Impedanz ist

$$\mathfrak{Z}_\Sigma = \frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{J}_k} \quad (9)$$

und die gesuchte wirksame Außenimpedanz

$$\mathfrak{Z}_{res} = \mathfrak{Z}_\Sigma - \mathfrak{Z}_g. \quad (10)$$

[6]) Vgl. auch: H. Maaß, Siemens-Z. 16 (1936) S. 115.

[7]) W. Koch u. R. Völzing, Siemens-Z. 14 (1934) S. 201.

Digitized by Google

Da nun offenbar

$$\mathfrak{I}_k \sim \mathfrak{E},$$

so ist $\mathfrak{Z}_{res}$ von der Wahl von $\mathfrak{E}$ unabhängig. Man kann also für $\mathfrak{E}$ eine beliebige Spannung einführen, z. B. auch diejenige, die am Kurzschlußort vor der Störung bestanden hatte.

Das eben geschilderte Verfahren ist an die Bedingung gleicher innerer Spannungen gebunden und darf daher nicht als allgemein gültige Vergleichsgrundlage[8]) für andere Verfahren angesprochen werden.

III. Zahlenbeispiele für den mehrfach gespeisten Kurzschluß (im rein induktiven Netz).

1. An einem Beispiel aus dem Schrifttum (Abb. 3), das nach den Verfahren A, C und E bereits numerisch durchgerechnet worden ist, soll zunächst die praktisch ausreichende Genauigkeit des Näherungsverfahrens B (R.E.H.) gezeigt werden. Die Verfeinerung, die hierbei gegenüber dem überschlägigen Verfahren A erreichbar ist, wird vom verbesserten Verfahren C in diesem Beispiel — sowie überhaupt vielfach — nur kaum übertroffen.

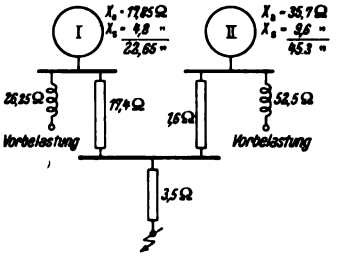


Abb. 3. Zahlenbeispiel nach ETZ 56 (1935) S. 35.

Wir wenden nunmehr das Verfahren B an. Unter Vernachlässigung der Verbraucherreaktanzen ergeben sich die „Betriebsnetzreaktanzen" für beide Generatoren gemäß Abb. 3:

$$X_{N_I} = 23{,}85\,\Omega\,; \quad X_{N_{II}} = 9{,}1\,\Omega.$$

Die an den Sammelschienen angenommenen Belastungen betragen:

$$X_{B_I} = 26{,}25\ \Omega, \quad X_{B_{II}} = 52{,}5\ \Omega.$$

Nach § 23 b des R.E.H.-Anhanges bzw. ETZ 51 (1930) S. 243, Gl. (46) bilden wir nun:

$$X_{res_I} = \frac{X_{N_I} \cdot X_{B_I}}{X_{N_I} + X_{B_I}} = \frac{23{,}85 \cdot 26{,}25}{23{,}85 + 26{,}25} = 12{,}5\ \Omega.$$

$$X_{res_{II}} = \frac{9{,}1 \cdot 52{,}5}{9{,}1 + 52{,}5} = 7{,}75\ \Omega.$$

Die numerische Kurzschlußentfernung ergibt sich nach Gl. (47) a. a. O. zu:

$$a_I = \frac{X_{s_I} + X_{res_I}}{X_{s_I}} = \frac{4{,}8 + 12{,}5}{4{,}8} = 3{,}60$$

$$a_{II} = \frac{9{,}6 + 7{,}75}{9{,}6} = 1{,}81.$$

Mit der relativen Erregung $v = 2{,}5$ ergeben sich nach Abb. 17 des R.E.H.-Anhanges folgende Kurzschlußfaktoren:

$$k_I = 2{,}43\,; \quad k_{II} = 2{,}56.$$

Nach Gl. (48), ETZ 51 (1930) S. 243, erhalten wir jetzt die Generator-Kurzschlußströme:

$$I_{g_I} = \frac{U_I\, k_I}{(X_{a_I} + X_{s_I} + X_{res_I})} = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 31\,500\right) \cdot 2{,}43}{(22{,}65 + 12{,}5)} = 1256\ \text{A}$$

$$I_{g_{II}} = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 31\,500\right) \cdot 2{,}56}{(45{,}3 + 7{,}75)} = 879\ \text{A}.$$

Die nach der Kurzschlußstelle fließenden Anteile ergeben sich nach Gl. (49) a. a. O. zu

$$I_{d_I} = I_{g_I} \frac{X_{B_I}}{X_{B_I} + X_{N_I}} = 1256\, \frac{26{,}25}{26{,}25 + 23{,}85} = 658\ \text{A}$$

$$I_{d_{II}} = 879\, \frac{52{,}5}{52{,}5 + 9{,}1} = 761\ \text{A}.$$

Der Strom an der Kurzschlußstelle ergibt sich also zu:

$$I_k = 658 + 761 = 1419\ \text{A}.$$

Die gefundenen Werte sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt, ebenso die Werte entsprechend den Verfahren A und C.

Zahlentafel 2.

	Verfahren A	Verfahren B	Verfahren C	Abweichung der Werte B gegen C %
Strom des Generators 1 . . .	852	1256	1236	1,6
Strom des Generators 2 . . .	853	879	888	1,0
Strom an der Kurzschlußstelle	1705	1419	1399	1,4

Im vorliegenden Beispiel ergeben also die Verfahren B und C praktisch übereinstimmende Ergebnisse. Auch das direkte Verfahren E führt hier zufällig auf dieselben Werte[9]), weil die inneren Spannungen der Kraftwerke beinahe gleich groß sind.

2. Es soll jetzt an einem Beispiel gezeigt werden, wie wenig zuverlässige Werte das Verfahren E bei Anwendung an ungeeigneter Stelle ergeben kann. Die Vorbelastungen wollen wir hierbei an den Generatorklemmen annehmen, so daß das Verfahren C als Sonderfall des genauen Verfahrens D erscheint und daher notwendigerweise genau richtige Werte liefert. Vergleichsweise soll die Rechnung auch nach dem Verfahren B durchgeführt werden.

Zwei Generatoren von je 20 MVA Leistung mit der Streuung $\varepsilon_s = 20\,\%$, einem Kurzschlußverhältnis von 0,715 bei 10 kV Spannung sind durch ihre Sammelschiene kurz gekuppelt (Abb. 4). Der Generator *I* speist eine unmittelbar an der Sammelschiene liegende rein induktive Vorbelastung von 15 MVA. Der Generator *II* läuft leer. Jetzt möge ein Kurzschluß auf einer abgehenden Leitung entstehen, wobei die Leitungsreaktanz von der Sammelschiene bis zur Kurzschlußstelle 2 Ω beträgt. Wenn wir die Rechnung, die wir wegen ihrer Länge unterdrükken, nach den verschiedenen Verfahren durchführen und auf Grund des R.E.H.-Anhanges die Sättigung bei der Ermittlung des Kurzschlußstromes berücksichtigen, so ergibt sich Zahlentafel 3.

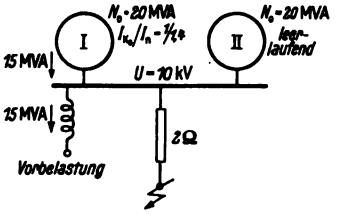


Abb. 4. Beispiel eines Kurzschlusses bei verschiedenem Belastungsgrad der Generatoren.

Zahlentafel 3.

		Verfahren D bzw. C	Verfahren B Werte	Verfahren B Abweichung gegen D %	Verfahren E Werte	Verfahren E Abweichung gegen D %
Gen. 1	X_{res} Ω	2,06	2,5	21	3,1	50
	Strom des Generators A	1655	1537	7,1	1400	15,4
Gen. 2	X_{res} Ω	6,10	4,0	34	3,1	49
	Strom des Generators A	476	567	19,1	616	29,4
Strom an der Kurzschlußstelle		1641	1620	1,3	1350	5,5

Aus Zahlentafel 3 erkennt man, daß im vorliegenden Fall das Verfahren E weit ungenauere Werte liefert als

[8]) H. Grünewald, ETZ 56 (1935) S. 33, nennt es ohne weiteren Nachweis „genaueres Verfahren".

[9]) ETZ 56 (1935) S. 36.

Digitized by Google

das Verfahren B, dessen Genauigkeit hier allerdings derjenigen des Verfahrens C nachsteht.

Zusammenfassung.

Die im Schrifttum vorhandenen Verfahren, die sich an den R.E.H.-Anhang anlehnen, werden verglichen (s. Tafel 1 und Abb. 2). Die Verfahren A bis D sind nach steigendem Rechenaufwand geordnet. Bereits das Verfahren A ist vielfach ausreichend, während das Verfahren B in den allermeisten Fällen schon als praktisch vollkommen zu bezeichnen ist. Das noch bessere Verfahren C wird meistens die oberen Grenzen der überhaupt erreichbaren Genauigkeit darstellen, da die Unterlagen über die Verteilung der Belastungen im Netz fast immer unzureichend sind.

Das strenge Verfahren D ist nur bei genauer Kenntnis der Netzverhältnisse von Bedeutung, bietet aber den großen Vorteil, daß es stets verwendbar ist, namentlich bei beliebigen inneren Maschinenspannungen und bei beliebigen Wirkwiderständen im Netz.

Das direkte Verfahren E ist im Bereich seiner Anwendbarkeit (gleiche innere Maschinenspannungen) in bezug auf Zeitersparnis von Vorteil, sofern ein Netzmodell zur Verfügung steht.

Einführung in die „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)".

Von **Th. Teinert** VDE und **W. Philippi** VDE, Berlin.

621. 3 (083. 133) : 622

Nachdem VDE 0119/1936 „Vorschriften für den Betrieb elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage"[1]) am 1. Juli 1936 in Kraft getreten ist, stellt der VDE den Entwurf zu VDE 0118 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage"[2]) zur Kritik. Während in den Betriebsvorschriften die Pflichten des verantwortlichen Betriebsleiters und der im elektrischen Betrieb Beschäftigten umrissen wurden, geben die Errichtungsvorschriften nicht nur der Betriebsleitung, sondern auch der Aufsichtsbehörde und den ausführenden Firmen die Richtlinien, die bei der Neuerstellung oder Änderung oder Erneuerung bestehender Anlagen in B. u. T. zu beachten sind. Die Vorschriften gliedern sich in

die allgemeinen Bestimmungen §§ 4 bis 26,
die Zusatzbestimmungen für Grubenräume besonderer Art §§ 27 bis 30 und
die Bestimmungen für Fernmeldeanlagen §§ 31 bis 35.

Die Eigenheiten des untertägigen Grubenbetriebes bringen es mit sich, daß ein erheblich strengerer Maßstab an die elektrischen Anlagen angelegt werden muß als im übertägigen Betrieb, können doch in solchen Anlagen Schäden und Störungen selbst geringer Art Auswirkungen haben, die nicht nur zur Katastrophe für den Betrieb selbst werden können, sondern auch das Leben der Belegschaft in manchmal ungeahntem Maße gefährden.

Wesentlich ist daher die grundlegend neue Forderung in § 4a, die für jede Gesamtanlage einen Lageplan der elektrischen Betriebsmittel fordert, aus dem ihre Lage im Wetterstrom der Grube ersichtlich ist, und einen Schaltplan, der in gleichem Umfange eine Übersicht über die Schaltung der Anlage gibt. Hierdurch soll die Betriebsführung in die Lage versetzt werden, eintretende Störungen in ihrer möglichen Auswirkung jederzeit beurteilen und unverzüglich Gegenmaßnahmen treffen zu können. Die Forderung von Auszügen aus dem Gesamtschaltplan für elektrische Betriebsräume und abgeschlossene elektrische Betriebsräume ergänzt die bereits in § 2f der Betriebsvorschriften gegebenen Bestimmungen auch hinsichtlich der Errichtung solcher Anlagen.

Die Vorschriften hinsichtlich der Schutzmaßnahmen gegen Berührung betriebsmäßig unter Spannung stehender Teile (§ 5), Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung (§ 6) und gegen das Auftreten zu hoher Spannungen (§ 7) lehnen sich eng an die für übertägige Anlagen geltenden Vorschriften (VDE 0100) an mit der Ausnahme, daß die Schutzschaltung in B. u. T. nicht zugelassen wird.

Die Vorschriften in § 8 behandeln den Überstromschutz elektrischer Betriebsmittel, gegliedert in grundsätzlich für alle Betriebsmittel geltende Vorschriften (§ 8a bis c), in ergänzende und zusätzliche Vorschriften für Anlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V (§ 8d) und in solche für Anlagen mit Betriebsspannungen über 1000 V (§ 8e). Hier wird unterschieden zwischen dem Schutz gegen die Auswirkungen von Kurzschlußströmen und dem Schutz gegen unzulässig hohe Erwärmung durch betriebsbedingte Überstromüberlastungen. Während ein Schutz gegen die Auswirkung von Kurzschlußströmen grundsätzlich für alle Maschinen, Tranformatoren, Spannungswandler und Leitungen gefordert wird, brauchen gegen unzulässig hohe Erwärmung durch Überlastung nur die Transformatoren und die nicht ständig beaufsichtigten Maschinen geschützt zu werden. Als wesentlich neu wäre die Vorschrift in § 8d, Ziffer 2 hervorzuheben, die die Verwendung von Selbstschaltern mit Überstromauslösern zur Absicherung von Leitungen in nicht feuersicher gebauten Grubenräumen nur dann zuläßt, wenn diese Selbstschalter entweder selbst Kurzschluß-Schmelzsicherungen enthalten oder solche ihnen vor- oder nachgeschaltet sind, oder wenn die Selbstschalter so gebaut sind, daß eine Wiedereinschaltung auf einen Kurzschluß ohne besondere Hilfsmittel nicht möglich ist, oder wenn die zufolge eines Kurzschlusses erfolgte Abschaltung deutlich angezeigt wird. Derartige Konstruktionen sind bereits von fast allen Schalter bauenden Firmen durchgebildet worden, so daß die Aufnahme dieser Bestimmungen in die Vorschriften unbedenklich erfolgen konnte.

Mit fortschreitendem Abbau ergibt sich häufig die Notwendigkeit, bereits vorhandene Leitungen durch Parallelschaltung einer zweiten Leitung zu verstärken. Bei der räumlichen Beschränkung in B. u. T. mußte hier die Frage geprüft werden, ob in solchen Fällen eine gesonderte Absicherung beider Leitungen gefordert werden muß, oder ob in besonderen Fällen die gemeinsame Absicherung beider Leitungen für zulässig erklärt werden konnte. Solange beide Leitungen auf gleichem Wege geführt werden, d. h. solange sie praktisch die gleiche Länge haben, ist eine gemeinsame Absicherung für zulässig erklärt worden, jedoch darf die gemeinsame Sicherung nicht größer bemessen werden als für den sich als Summe der Querschnitte ergebenden Querschnitt. Es ist also nicht zulässig, z. B. 2 parallelgeführte Dreileiterkabel von 35 mm², die einzeln mit je 125 A belastbar sind, für eine Belastung von $2 \cdot 125 = 250$ A abzusichern. Sie dürfen nur für einen Querschnitt von $2 \cdot 35\ \text{mm}^2 = 70\ \text{mm}^2$, also für eine Belastbarkeit von 185 A abgesichert werden. Selbstverständlich ist zu vermeiden, in den Querschnitten erheblich voneinander abweichende Leitungen, also z. B.

[1]) Veröffentlicht in ETZ 57 (1936) S. 747 ff.
[2]) Veröffentlicht in ETZ 57 (1936) S. 931, 955, 987.

Digitized by Google

ein 10 mm²-Kabel mit einem 70 mm²-Kabel, parallel zu schalten. Voraussetzung für diese Erleichterung ist außerdem, daß die Leitungen nicht einzeln betrieben werden können und daß zwischen Speisepunkt und Endpunkt keine weiteren Leitungen abzweigen.

Von den zusätzlichen und ergänzenden Vorschriften in §§ 8 d und e werden die in § 8 f genannten Leitungen ausgenommen. Auch in solchen Fällen, in denen durch die Wirkung einer Stromsicherung der Betrieb der betreffenden Einrichtung gefährdet wird, sind die Vorschriften in §§ 8 d und e nicht anzuwenden. Hierunter fallen vornehmlich Steuerleitungen, z. B. von Haspeln, Förderanlagen, Lokomotiven und ähnlichen.

Die Bestimmungen über Maschinen, Geräte, Transformatoren und Akkumulatoren bringen grundsätzlich Neues nur insoweit, als es sich um die besondere Berücksichtigung der durch die Verwendung von Öltransformatoren möglichen Gefährdungen handelt. Wenn auch hinsichtlich der elektrischen und mechanischen Sicherheit Öltransformatoren den Lufttransformatoren bei genauer Beachtung der Vorschriften betr. Kurzschluß und Überlastungsschutz nach dem Stande der heutigen Technik gleichwertig sind, bedingen doch die Gefahren, die durch Ölbrände in Gruben entstehen können, besondere, in § 10 c geforderte Sicherheitsmaßnahmen, die erweitert werden durch § 10 f für solche Fälle, in denen eine Verqualmungsgefahr belegter Baue durch Ölbrände zu befürchten ist. Die Möglichkeit, von diesen Bestimmungen abzuweichen, ist in § 10 g für besondere Fälle verankert. In jedem Falle sind aber derartige Ausnahmen von der Entscheidung der zuständigen Bergbehörde abhängig. — Bei den Vorschriften für Schalt- und Verteilungsanlagen ist besonders die Forderung in § 12 hinsichtlich der Abtrennbarkeit zu beachten.

Bei der Ausführung von Schalt- und Verteilungsanlagen soll die Verwendung von Überstromauslösern bei Ölschaltern nach Möglichkeit vermieden werden. Zufolge der Verbesserung der Ölschalterkonstruktionen in den letzten Jahren bedingen zwar selbsttätige Ölschalter, die nach den VDE-Bestimmungen gebaut und nach den zu erwartenden Kurzschlußströmen ausgewählt sind, ebensowenig Gefährdungen wie öllose Schalter. Auch in der Statistik der den Berufsgenossenschaften mitgeteilten Unfälle der letzten zehn Jahre sind solche durch Ölschalterexplosionen nicht angegeben. Aber mit Rücksicht darauf, daß im Untertagebetrieb auch nur ein einziger brennender Ölschalter das Leben von vielen Menschen gefährden kann — eine Gefährdung, die in einem übertägigen Betrieb wegen der immer vorhandenen Fluchtmöglichkeit praktisch ausgeschlossen ist —, muß diesem Umstande Rechnung getragen werden. Daher sehen die Vorschriften dann, wenn Ölschalter mit Überstromauslösungen über 75 % ihrer Nennausschaltleistung beansprucht werden, besondere Sicherheitsmaßnahmen vor und fordern die sinngemäße Anwendung der bereits für die Aufstellung von Öltransformatoren gegebenen Bestimmungen.

Für handbetätigte Ölschalter und für Ölschalter mit einem Ölinhalt bis zu 3 kg finden diese Verschärfungen auch dann keine Anwendung, wenn die Schalter mit ihrer vollen Nennausschaltleistung beansprucht werden. Leistungsschalter mit Schutzwiderständen unter Öl sind in B. u. T. grundsätzlich verboten. — Die übrigen, in den Abschnitten C und D gegebenen Vorschriften bringen grundsätzlich Neues nicht.

Der Abschnitt E behandelt ortsveränderliche Betriebsmittel. Zu solchen zählen in B. u. T. nicht nur Handgeräte und Handleuchten, sondern sämtliche Maschinen, Transformatoren und Geräte im Abbau, also z. B. auch Schrämmaschinen, Rutschen und Bandantriebe. Für Handgeräte mit eingebauten Antrieben wird die zulässige Betriebsspannung bei Verwendung von Wechselstrom auf höchstens 125 V gegen Erde herabgesetzt. Lediglich in trockenen Grubenräumen und bei Verwendung von Gleichstrom sind Betriebsspannungen bis 250 V gegen Erde zulässig. Alle diese Handgeräte mit eingebautem Motor und außerdem Schräm- und Kerbmaschinen müssen mit eingebauten Schaltern ausgerüstet sein, die sämtliche Spannung gegen Erde führende Leitungen der Maschine abschalten. Für die Zuführung zu ortsveränderlichen Geräten sind nur Gummischlauchleitungen starker Ausführung (NSH) zulässig.

Einen großen Umfang im untertägigen Betrieb nehmen die Beleuchtungsanlagen ein. Die verschiedentlich bei Schäden in Glühlampen oder Fassungen aufgetretenen schädlichen Auswirkungen haben zu der Vorschrift § 19 b Anlaß gegeben. Es wird hiernach unbeschadet der Vorschriften in § 8 die Absicherung der Beleuchtungsstromkreise in der Höhe begrenzt.

Der Abschnitt G behandelt Beschaffenheit, Bemessung, Verlegung und Anschluß von Leitungen. In nicht schlagwettergefährdeten Grubenräumen werden die bisher üblichen Leitungen zugelassen. Ausgenommen sind NGA-Leitungen in Rohren, die lediglich als Verbindungsleitungen zwischen Widerständen, Anlaß- und Steuergeräten und bei Fahrdrahtlokomotiven zugelassen sind. In schlagwettergefährdeten Grubenräumen sind als spannungführende Leitungen nur Bleikabel, kabelähnliche Leitungen oder Gummischlauchleitungen starker Ausführung zulässig. Die Angaben über Bemessung der Leitungen lehnen sich eng an die bisherigen Vorschriften an. Über Leitungsverlegung und Leitungsanschlüsse bringt § 22 Neuerungen hinsichtlich der Befestigung und Aufhängung von Bleikabeln. Die Verwendung des sogenannten Beidrahtes von kabelähnlichen Leitungen als stromführender Leiter wird durch die Vorschrift in § 22 g ausgeschlossen; er darf nur zur Erdung oder Nullung herangezogen werden.

Entsprechend der großen Ausdehnung und Bedeutung, die die Lokomotivförderung im Grubenbetrieb gewonnen hat, war es notwendig, für diesen Betriebszweig ausreichende Vorschriften zu geben. Die Unterbringung der Fahrleitungen für Fahrdrahtlokomotiven in den räumlich beschränkten Schlägen machte die Festlegung von Mindestmaßen für Fahrdrahthöhe und Mindestabständen der Fahrleitungen von inneren Ausbauteilen erforderlich. Die Vorschriften des Einbaues von Strecken-Trennschaltern in höchstens 500 m Abstand in den Hauptstrecken und vor Nebenstrecken, deren Länge größer als 100 m ist, war das mindeste, was mit Rücksicht auf die Notwendigkeit einer schnellen Spannungsfreimachung einzelner Streckenabschnitte gefordert werden mußte. Überhaupt ist der Frage der möglichst schnellen Abschaltung der gesamten Fahrdrahtanlage und der Verhinderung von Stromübertritt aus dem Fahrstromkreis auf das Gebirge durch abgleitende Stromabnehmer oder beim Überfahren der Endpunkte größte Aufmerksamkeit entgegengebracht worden. Die Forderungen, die an die elektrische Einrichtung von Lokomotiven gestellt werden müssen, behandelt § 24. Grundsätzlich ist hier kein Unterschied zwischen Fahrdrahtlokomotiven und anderen elektrisch oder nicht elektrisch angetriebenen Lokomotiven gemacht worden. Besondere Aufmerksamkeit war den Strecken zuzuwenden, die regelmäßig zur Personenbeförderung dienen. Diesbezügliche Vorschriften sind im § 25 niedergelegt.

Die im Abschnitt IV gegebenen Zusatzbestimmungen für Grubenräume besonderer Art legen Erleichterungen gegenüber den allgemein gültigen Bestimmungen des Abschnitts III für elektrische und abgeschlossene elektrische Betriebsräume und zusätzliche Sicherheitsbestimmungen für schlagwettergefährdete Grubenräume fest. Gefordert wird, daß alle nach schlagwettergefährdeten Grubenräumen führenden Leitungen durch außerhalb der schlagwettergefährdeten Räume liegende Schaltmittel allpolig abgeschaltet werden können. Elektrische Betriebsmittel im Abbau und solche, deren Stromaufnahme so gering ist, daß sie durch Stromsicherungen nach § 8 nicht mehr gegen das Auftreten schädlicher Erwärmung durch Überlastung geschützt wer-

Digitized by Google

den können, müssen in schlagwettergefährdeten Grubenräumen grundsätzlich in druckfest gebauter oder gekapselter Ausführung verwendet werden, es sei denn, daß sie auch im Dauerkurzschluß nicht unzulässig warm werden. Im übrigen müssen natürlich sämtliche Betriebsmittel in schlagwettergefährdeten Grubenräumen mit Ausnahme der Kabel und Leitungen den Schlagwetterschutz-Vorschriften VDE 0170 entsprechen und als schlagwettergeschützt bescheinigt und von der Bergbehörde zugelassen sein. Für explosionsgefährdete Grubenräume finden im allgemeinen die Schlagwetterschutz-Vorschriften Anwendung. In Sprengstoff-Lagerräumen sind andere elektrische Betriebsmittel als ortsfeste elektrische Beleuchtung unzulässig. Ausnahmen von diesen Vorschriften können nur von Fall zu Fall durch die Bergbehörde angeordnet und für zulässig erklärt werden. Das bedeutet, daß die Vorschriften VDE 0165 und 0166 im allgemeinen für B. u. T. keine Gültigkeit haben, daß aber wohl von Fall zu Fall die zuständige Bergbehörde die Einhaltung dieser Vorschriften fordern kann.

Die Wichtigkeit der Fernmeldeanlagen für die sichere Durchführung des Betriebes und für die Verhütung von Gefahren erfordert besondere Vorschriften für Fernmeldeanlagen. Es erschien angebracht, einen Unterschied zu machen zwischen Fernmeldeanlagen, die mit Spannungen bis 60 V und solchen, die mit Spannungen über 60 V betrieben werden. Während bei ersteren Leitungen und Geräte nicht starkstrommäßig ausgeführt und isoliert sein müssen, wird für letztere die Verwendung starkstrommäßiger Leitungen nach § 20 und von Fernmeldegeräten nach VDE 0804 gefordert.

Die besonders wichtigen Schachtsignalanlagen sind in § 35 behandelt. Bei ihnen sind, ganz gleich, ob Betriebsspannungen über oder unter 60 V verwendet werden, grundsätzlich nur starkstrommäßige Leitungen und Geräte zulässig. Eine elektrische leitende Verbindung mit anderen Teilen des Starkstromnetzes ist verboten, um Fehlsignale und schädliche Beeinflussungen nach Möglichkeit auszuscheiden. Als zusätzliche Sicherheit wird gefordert, daß alle Teile der Schachtsignalanlagen auch bei bis zu 90 % des Nennwertes absinkender Spannung noch einwandfrei und zuverlässig arbeiten müssen.

Bei Aufstellung der nunmehr im Entwurf vorliegenden Vorschriften war es nicht immer möglich, alle Sonderheiten einzelner Betriebe zu berücksichtigen. Die untertägigen Betriebsverhältnisse sind keineswegs immer gleich, und es mag für den einen Betrieb die eine oder andere Vorschrift eine gewisse Härte bedeuten, während sie für den anderen unbedingt notwendig ist. Leitend mußte in jedem Fall das Bestreben sein, Gefährdungen im untertägigen Betrieb, die auf Versagen elektrischer Einrichtungen zurückzuführen sind, nach menschlichem Ermessen auszuschließen. Dort, wo sich nach den bisherigen Beratungen die Notwendigkeit ergeben hat, in Sonderfällen Ausnahmen zuzulassen, ist dieses in den Vorschriften besonders verankert. Die Entscheidung über derartige Ausnahmen hat stets die zuständige und verantwortliche Bergbehörde zu treffen.

Über die Zündung von Quecksilberdampf-Lichtbögen durch Innenzünder (Ignitron).

621. 314. 653

Das von J. Slepian und L. R. Ludwig angegebene Ignitronverfahren zur Zündung eines Lichtbogenfleckes auf Quecksilber besteht darin, daß durch einen in das Kathodenquecksilber eintauchenden Stab aus Halbleiterwerkstoff (Innenzünder) ein kurzer positiver Stromstoß geleitet wird. Der Fleck entsteht dann an der Stelle, wo der Stab die Quecksilberoberfläche durchsetzt. Zur Aufklärung des Mechanismus der Brennfleckbildung wird eine Reihe von Versuchen durchgeführt, aus denen sich die zur Zündung erforderlichen Größen von Zünderstrom und -spannung in Abhängigkeit von Eintauchtiefe, Dicke, Form und Werkstoffkonstanten des Zünders ergeben[1]). Die Speisung des Innenzünders erfolgte dabei teils mit Gleichstrom bzw. gleichgerichtetem Wechselstrom, teils auch durch kurzdauernde Kondensatorentladung. Die statistische Natur des Zündvorganges zwingt zur Aufnahme einer großen Anzahl von Einzelmessungen, wozu selbsttätig arbeitende Einrichtungen entwickelt werden. Von den hier erzielten Ergebnissen seien die folgenden genannt: Bei Speisung mit Gleichstrom sind die zur Zündung erforderliche Stromdichte und Spannung des Zünders von der Eintauchtiefe praktisch unabhängig, solange der Zünder so tief eintaucht, daß die Endkorrektion vernachlässigt werden kann. Bei Kondensatorspeisung nimmt die Spannung mit steigender Kapazität anfangs rasch, später langsam ab. Die Zündenergie steigt dabei angenähert mit der Kapazität an.

Die erhaltenen Versuchsergebnisse lassen sich zwanglos durch die folgende Hypothese für den Zündungsmechanismus erklären: Beim Übergang des Stromes vom Halbleiter in das Quecksilber tritt an der Eintauchstelle eine außerordentlich hohe Verdichtung der Stromlinien ein. Dadurch wird an dieser Stelle eine große Wärmemenge entwickelt, und die Temperatur steigt hier demgemäß stark an. Man kann den Temperaturverlauf an der Eintauchstelle längs des Zünders berechnen, wenn man die Wärmeleitung zunächst nicht berücksichtigt — das würde natürlich eine unendlich hohe Temperatur an der Eintauchstelle bedingen — und, da sowohl die Wärmeleitfähigkeit als auch die Wärmekapazität aller in Betracht kommenden Zünderwerkstoffe angenähert gleich sind, kann man aus einem gleichen idealen Temperaturverlauf auch auf eine gleiche Höchsttemperatur schließen. Man erhält so unter der verständlichen Annahme, daß zur Zündung eine bestimmte Höchsttemperatur des Quecksilbers notwendig ist, folgende Beziehung zwischen Stromdichte j_0 im Zünder, Zündzeit Δt, Stabdurchmesser d, elektrischer Leitfähigkeit $\varkappa$, spezifischer Wärme c und Dichte ϱ des Zünderwerkstoffs:

$$\frac{j_0^2 \, \Delta t \, d^{0{,}7}}{\varkappa c \varrho} = K.$$

Hierin ist K ein Festwert, der nach den oben erwähnten Messungen mehr als nur größenordnungsmäßig für alle benutzten Zünder den gleichen Wert gibt, obwohl z. B. die $\varkappa$-Werte ebenso wie die d-Werte um mehr als fünf Zehnerpotenzen auseinander liegen. Eine absolute Berechnung der Temperatur und damit auch des Festwertes K gelingt ferner auf Grund einer besonderen Annahme über die Fleckbildung, daß nämlich eine Dampfblase unterhalb der Quecksilberoberfläche gebildet werden muß, die sich explosionsartig erweitert und beim Zerplatzen eine Art Abreißbogen zündet. Das führt unter Zugrundelegung der bekannten Thomsonschen Beziehung zwischen Dampfdruck und Krümmungsradius zu einer weiteren Bedingungsgleichung, aus der sich die Temperatur an der Berührungsstelle des Quecksilbers zu mindestens 1100° K berechnet. Für den Festwert K ergibt sich angenähert der durch Messung ermittelte Wert.

Mit Hilfe der thermischen Innenzündertheorie lassen sich nun auch weitere experimentelle Einzelheiten, wie Einfluß der Verschmutzung (Amalgamierung), erklären, ferner wird ersichtlich, weshalb man als Innenzünderwerkstoff einen Halbleiter nehmen muß, denn ein Metallstab gleicher Abmessungen würde einen Zündstrom von 6000 A verlangen, während für einen Halbleiterzünder die erforderliche Stromstärke nur 10 bis 20 A beträgt. *Vb.*

[1]) G. Mierdel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 15 (1936) H. 2, S. 35.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

621. 313. 322 **Die synchrone Blindleistungsmaschine von 20 000 kVA des Werkes Creney.** — Zur Stützung der 220 kV-Leitung Paris—Rhein, Jura, Alpen soll ein in Creney bei Troyes aufgestellter Blindstromgenerator dienen. Seine Leistung beträgt 20 000 kVA übererregt bei 12 900 V und 10 000 kVA untererregt bei 10 050 V. Die achtpolige Maschine ist gekapselt mit geschlossenem Luftumlauf und äußerer Luftkühlung. Der Bohrungsdurchmesser ist 1880 mm, die Gesamteisenlänge 1950 mm. Das aktive Eisen im Ständer besteht aus 1,3 W-Blechen. Zwischen Blechpaket und den Preßplatten an beiden Enden ist ein Dämpfer aus Kupfer eingebaut. Die zweischichtige Trommelwicklung (Faßwicklung) liegt in offenen Nuten von 140 × 23 mm. Das Gesamtgewicht des Ständers beträgt 40 t, das des Läufers 45 t. Bei den hochkant gewickelten Induktorpolen sind die Windungen abwechselnd vor- und zurückgesetzt, um die wärmeabführende Oberfläche zu vergrößern. Die Maschine besitzt Haupt- und Hilfserregermaschine, die erstere hat vollständig geblättertes Eisen. Die Erregerwicklung der Haupterregermaschine besteht aus zwei Teilen, der eine wird über einen Schnellregler von Hilfserregermaschine gespeist und regelt auf konstante Spannung. Der andere Wicklungsteil greift stoßweise durch Ansprechen eines voltmetrischen Relais ein, wenn die Spannung im 220 kV-Netz um mehr als 10 % absinkt. Um eine entgegengesetzte Einwirkung dieser beiden Wicklungen zu vermeiden, sind die beiden Erregerkreise durch eine Induktionsspule magnetisch gekoppelt.

Bei Handregelung kann man eine Gegenerregung von 80 A einstellen und auf diese Weise die Maschine mit 17 000 kVA induktiver aufgenommener Blindleistung belasten. Dabei soll der Betrieb noch vollkommen stabil sein. Bei Kurzschlüssen im Netz ist die Maschine imstande, mit der beschriebenen Stoßerregung 40 000 kVA abzugeben. Durch ein Relais wird nach 1,5 s die Erregung wieder herabgesetzt, es hat sich gezeigt, daß diese kurzzeitige Übererregung genügt, um die Generatoren des Netzes bei Kurzschlüssen synchron zu halten.

Der bereits erwähnte Spannungsregler hält nicht die Netzspannung selbst, sondern deren mitläufige symmetrische Komponente konstant, um bei allen möglichen Kurzschlußfällen besonders wirksam einzugreifen. Seine Spannungsspule, ebenso wie das oben erwähnte Spannungsrelais, ist daher unter Zwischenschaltung eines Drehfeldscheiders an das Netz angeschlossen. Das Leerlauf-Kurzschlußverhältnis ist 1,15. Bei 20 000 kVA und 12 900 V sind die Eisenverluste 78 kW, die Reibungs- und Lüftungsverluste 103 kW, die Ständerstromwärme (bei 115 °) 68,5 kW, die zusätzlichen Verluste (im Kurzschluß gemessen) 45 kW, die Induktorverluste (bei 120 °) 55 kW. Die Verluste der Haupterregermaschine betragen 13,6 kW, die der Hilfserregermaschine 0,7 kW. Die gesamten Verluste sind 363 kW, d. i. 1,82 % der Scheinleistung. [M. Barrère, Rev. gén. Électr. 39 (1936) S. 727.] *Bdk.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 728 **Spannungsmessungen mit Kugelfunkenstrecken bei einpoliger Erdung.** — Der Toepler-Peeksche Formeltypus zur Bestimmung der Funkenspannung von Kugelfunkenstrecken gilt mit den von Toepler angeführten Einschränkungen. In den VDE-Normen ist der Schlagweitenbereich $s/D = 0{,}1$ bis 0,4. Ein erweiterter Bereich zeigt bei kleinen und großen Kugelabständen Abweichungen der gemessenen Spannungen von den nach Peek errechneten Werten, die sich infolge einer Änderung der Entladungsbedingungen im Schlagraum ergeben. Die Messungen weichen voneinander teilweise beträchtlich ab, da sie unter verschiedenen Versuchsbedingungen und mit verschiedener Meßgenauigkeit ausgeführt wurden.

Neuere vorliegende Messungen beziehen sich auf Kugelfunkenstrecken von 25 und 50 cm Kugeldurchmesser in waagerechter Anordnung in einem Schlagweitenbereich bis zum doppelten Kugeldurchmesser bei Normalfrequenz. Der Scheitelwert der Hochspannung wird aus dem gleichgerichteten kapazitativen Strom eines Vorkondensators bestimmt, der von der zu messenden Hochspannung aufgeladen wird. Als Gleichrichter dient ein Röhrengerät[1]) mit Vorkompensation des Anodenruhestromes. Ein sauber arbeitender mechanischer Gleichrichter ist zur Prüfung der Spannungswerte herangezogen worden, die mit dem Röhrengerät ermittelt worden sind. Bei verschiedenen Heiz- und Kompensationsspannungen wurden Vergleichsmessungen durchgeführt. Die Abweichungen der mit dem Röhrengleichrichter ermittelten Spannungswerte von den durch den mechanischen Gleichrichter festgestellten Spannungen können unter 1 % gehalten werden, wenn die normale Heizspannung der Elektronenröhre zu $u_h = 1{,}95$ V gewählt wird und die Kompensationsspannung $V_k = 1$ V beträgt. Der Röhrengleichrichter erweist sicht also als ein zuverlässiges Meßgerät.

Die Funkenspannung für die 25- und 50 cm-Meßfunkenstrecke ist mit dem mechanischen Gleichrichter bestimmt worden. Die Abweichungen dieser Messungen von der Peekschen Formel sind in Abb. 1 wiedergegeben. Die Ergebnisse von Meador[2]), die zu einem Vergleich herangezogen wurden, entsprechen den neuen Messungen, obwohl sie unter anderen Versuchsbedingungen erhalten wurden. Die Untersuchungen ergänzen zugleich die früheren Messungen von Stoerk und Holzer[3]), die gegen die neuen Werte eine mittlere Abweichung von 1 % für Kugeln von 25 cm und einen mittleren Unterschied von 1,5 % für Kugeln von 50 cm Dmr. zeigen. Auf den zu beachtenden Einfluß der Erdnähe bei größeren Schlagweiten wird ebenfalls hingewiesen. [W. Jacobi, Z. techn. Physik 17 (1936) S. 159.] *E. B.*

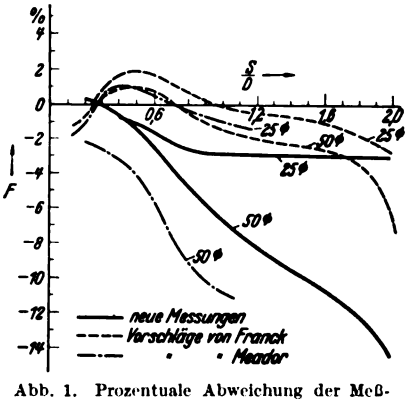


Abb. 1. Prozentuale Abweichung der Meßergebnisse von der Peekschen Formel.

621. 317. 32. 027. 3 : 621. 314. 672 **Das Gleichrichterverfahren der Hochspannungsmessung mit Glimmlichtgleichrichtern.** — Das Gleichrichterverfahren mit zwei Elektronenröhren (Haefely-Verfahren) ist eines der bequemsten zur Messung des Scheitelwertes von Spannungen in Industrielaboratorien. Benutzt man anstatt der Elektronenröhren Glimmlichtgleichrichter, so bekommt man eine ziemlich große Vereinfachung der Meßeinrichtung (Fortfall der Heizstromquellen). Außerdem ist die Meßeinrichtung mit Glimmgleichrichtern auch zur Ermittlung der Spannung bei mehrscheiteligen Spannungskurven geeignet. In diesem Falle gibt das gewöhnliche Verfahren fehlerhafte Ergebnisse. Jakubowski befaßt sich mit der Theorie und ihrem experimentellen Beweis. Es zeigt sich, daß in der Meßeinrichtung Kippschwingungen entstehen können, die aber die Genauigkeit der Messungen nicht beeinflussen. Auf Grund von theoretischen Überlegungen wird eine praktische Meßeinrichtung angegeben, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Gleichrichter sich unmittelbar im Inneren des geteilten Belages des Hochspannungskondensators befinden und der Anfang der Skala des Mikroamperemeters verschoben ist. [J. L. Jakubowski, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 7, S. 430.]

[1]) DRP. 394 014, Haefely & Co., Basel 1923.
[2]) I. R. Meador, Electr. Engng. 53 (1934) S. 492; Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 53 (1934) S. 1652.
[3]) Stoerk u. Holzer, Z. techn. Physik 10 (1929) S. 317.

Digitized by Google

Beleuchtung.

621. 32 : 725. 826 **Thingstättenbeleuchtung.** Die Beleuchtungsanlagen der Thingstätte Heiligenberg bei Heidelberg und der Thingstätte des Gaues Mecklenburg bei Rostock ergaben einige bemerkenswerte, übereinstimmende Erfahrungen. Die Beleuchtungsanlagen von Thingstätten stellen verschiedene, völlig neue Aufgaben. Zunächst war es notwendig, zwischen den beiden Extremen — einer Beleuchtungsart, die der romantischen Fackelbeleuchtung mit offenen Flammen nahekommt, und

Abb. 2. Die erste mit elektrischer Beleuchtung ausgestattete deutsche Thingstätte auf dem Heiligenberg bei Heidelberg.

der vollständigen Bühnenbeleuchtung eines neuzeitlichen Theaters — die richtige Beleuchtungsart der Thingstätten zu finden. Sodann war die Unterbringung der Beleuchtungseinrichtung eine besondere Aufgabe, da die Errichtung von Beleuchtertürmen meist das architektonische Bild der Thingstätte stört. Man mußte daher die „Beleuchterloge", ebenso wie die Verstärkeranlage für die

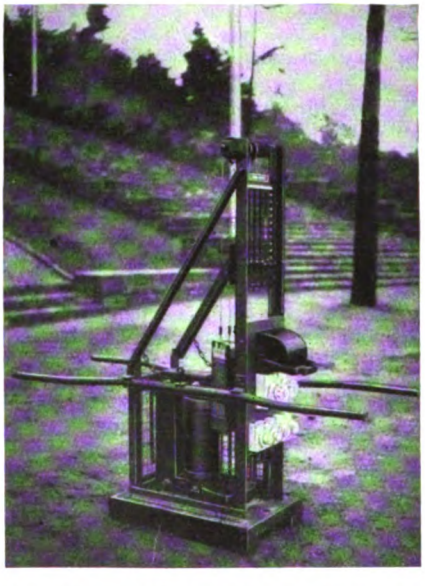


Abb. 3. Tragbarer Bordoni-Bühnenregler der Thingstätte Heiligenberg. Im Betrieb sind die Tragholme abgenommen.

Lautsprecher und Befehlsanlagen, in Türmen unterbringen, die sich am hinteren Rande der Zuschauerräume befinden. In Rostock dienen diese beiden Türme gleichzeitig als Aufstellort für die Scheinwerfer, so daß die Entfernung bis zur Spielfläche rund 100 m beträgt. Auf dem Heiligenberg bei Heidelberg befinden sich rechts und links der Zuschauerterrassen je acht würfelförmige Steinsockel, die Fahnenmasten tragen und zur Aufstellung der Scheinwerfer verwendet werden können (Abb. 2).

Kennzeichnend für die Thingstätten sind die verhältnismäßig großen Entfernungen. Es werden daher Scheinwerfer mit großer Reichweite bei geringer Lichtstreuung benötigt. Bogenlicht großer Leuchtdichte und Helligkeit dürfte für Thingstätten wohl kaum in Betracht kommen, da der zum Betrieb dieser Geräte erforderliche Gleichstrom auf Thingstätten meist nicht zur Verfügung steht. Anderseits sind die für die verschiedenen Lichtwirkungen entwickelten Bühnenscheinwerfer mit guter Helligkeit und die bekannten Sonderbeleuchtungsgeräte meist nur zur Verwendung in bedeckten Räumen geeignet. Daher werden für Thingstätten Glühlichtscheinwerfer und Lichtfluter verwendet. Um möglichst große Helligkeit zu erzielen, wurden Scheinwerfer und Lichtfluter mit Projektionslampen von je 1500 bzw. 3000 W ausgerüstet. Auch für die Beleuchtung der Zuschauerräume und der Anmarschwege vor Beginn und nach Ende der Veranstaltung werden die Lichtfluter verwendet, die auf der Thingstätte eingebaut sind.

Für die Versatzstromkreise wurden besondere Leitungen verlegt, die an den verschiedenen Stellen in wasserdichte Steckdosen münden. Für die Regelung der Beleuchtung dienen Bühnen-Wechselstromregler, System Bordoni. Diese Regler haben eine Lampenanschlußleistung von 18 kW bei 220 V. Die Regelschlitten werden durch Vorbauantriebsgestelle vereinfachter Bauart betätigt. Bemerkenswert ist, daß die Regelgeräte auf dem Heiligenberg tragbar ausgeführt wurden (Abb. 3), um sie auch an anderen Stellen, z. B. bei den Reichsfestspielen im Schloßhof in Heidelberg, verwenden zu können. Wie schon kurz angedeutet, muß bei der Thingstättenbeleuchtung im Gegensatz zur Bühnenbeleuchtung auf Wetterfestigkeit größter Wert gelegt werden. Die Anschlußstellen bestehen daher aus wasserdichten Steckdosen, die Zuleitungen aus Kabelleitungen, die Anschlußleitungen aus dreiadriger Gummischlauchleitung, von der eine Ader als Schutzdraht geschaltet ist. Die Erdung wurde ganz besonders sorgfältig ausgeführt. [K ö n i g und B u c h w a l d , Siemens-Z. 16 (1936) S. 29.] *Bwg.*

Verkehrstechnik.

621. 335. 4. 033. 44 (436) **Neue dieselelektrische Triebwagen der Österreichischen Bundesbahnen (Ö B B).** — Nach Erprobung von zehn im Jahre 1932 beschafften dieselelektrischen Triebwagen wurden von den Österreichischen Bundesbahnen im Jahre 1934 weitere derartige Triebwagen, jedoch mit größerer Leistung für höhere Fahrgeschwindigkeit und zur Mitführung eines vierachsigen Personenwagens, in Auftrag gegeben. Die neuen Triebwagen haben ein Dienstgewicht von 56,8 t und bieten 78 Sitzplätze. Die Drehgestellrahmen und der Hauptrahmen des Wagenkastens sind vollkommen elektrisch geschweißt. Jedes der beiden Drehgestelle enthält eine vollständige Maschinenanlage, bestehend aus je einem 210 PS-Dieselmotor gekuppelt mit einem Gleichstrom-Nebenschlußgenerator von 130 kW Leistung und einem Tatzlagermotor von 116 kW Dauerleistung, der die der Wagenmitte zugekehrte Drehgestellachse antreibt. Die Dieselmotoren sind im Drehgestell in drei Punkten gummigefedert aufgehängt. Zum Anlassen des Dieselmotors hat der Generator eine besondere Hauptstrom-Feldwicklung für Speisung aus der Batterie. Für die elektrische Kraftübertragung wurde das Gebus-System gewählt, bei dem der Generator schwach gesättigt ist und die Regelung nur durch Veränderung der Dieseldrehzahl erfolgt. Fünf Drehzahlstufen können durch Veränderung der Federspannung des Fliehkraft-Brennstoffreglers eingestellt werden, wobei die Kennlinien der Generatoren volle Ausnutzung der jeweiligen Dieselmotorleistungen in einem Geschwindigkeitsbereich von 17 bis 75 km/h gestatten. Durch Verstärkung der Erregung des Generators kann auch noch unter- und oberhalb dieser Geschwindigkeiten volle Dieselmotorleistung auf die Fahrmotoren übertragen werden.

Digitized by Google

Generatoren und Fahrmotoren sind eigengelüftet. Zu jedem Dieselmotor gehört ein Kühlmotor, der vom Hauptgenerator gespeist wird und gleichzeitig einen 2,5 kW-Hilfsgenerator treibt. Von den beiden Hilfsgeneratoren ist nur immer einer zur Speisung der Steuerung, der Beleuchtung, der Hilfsmotoren und zum Laden der Batterie herangezogen. Da beide Maschinensätze in ihrer Schaltung voneinander getrennt sind, kann mit beiden oder nur mit einer Gruppe gefahren werden. Ein Gruppentrenner erlaubt es ferner noch, beide Triebmotoren von einem Generator zu speisen. Die Bedienung der Steuerung erfolgt in einfacher Weise durch Einstellen eines Fahrthandrades im Führerstand, wobei jeder Stellung dieses Handrades eine bestimmte Einstellung von zwei Schaltwalzen entspricht. Zu jedem Maschinensatz gehört eine derartige von einem Steuermotor angetriebene Schaltwalze, die die Verstellung der Motordrehzahl, die Fahrtwendung durch Umpolen der Motorfelder, die Änderung der Generatorerregung und deren Unterbrechung beim Anlassen und bei der Fahrtwendung bewirkt. Lauf und Drehsinn der Steuermotoren werden durch je zwei Relais gesteuert, die genaue Einhaltung der Schaltstufen bewirkt ein Malteserkreuz. In jeder Stellung des Fahrthandrades können durch zwei Druckknöpfe die Dieselmotoren einzeln abgestellt werden. Eine Totmannseinrichtung schützt in Abhängigkeit von dem zurückgelegten Weg gegen Gefahren bei Dienstunfähigkeit des Fahrers. Für die Heizung haben die Triebwagen einen ölgefeuerten Röhrendampfkessel, der nach Inbetriebsetzung selbsttätig arbeitet und noch zwei vierachsige Personenwagen mit Heizdampf versorgen kann. Die Erprobung der ersten gelieferten Triebwagen ergab günstige Laufeigenschaften auch bei der höchsten erreichbaren Geschwindigkeit von 120 km/h. Im regelmäßigen Dienst auf den Strecken Wien—Graz und Wien—Klagenfurt verbrauchte der Wagen bei Alleinfahrt im Durchschnitt 0,65 kg Treiböl je km. Man erhofft durch Verdichtung der Zugfolge mit diesen Triebwagen eine Belebung des Verkehrs. [Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 241 u. 257.] *Dtt.*

Bergbau und Hütte.

621. 364. 6 : 669. 18 **Ein elektrischer Durchlaufofen zum Normalisieren von Stahlblech.** — Der auf einem englischen Werk aufgestellte Durchlaufofen zeichnet sich besonders durch Einschränkung der Handarbeit, durch die selbsttätige Gestaltung und Gleichmäßigkeit der einzelnen Arbeitsvorgänge, durch die Beschleunigung der Erzeugung und durch eine sichere und zuverlässige Behandlung der eingeführten Bleche und Streifen aus. Vorwärme- und Kühlzone haben die gleiche Breite, während die Heizzone etwas breiter gehalten ist. Außer den Heizkörpern im Gewölbe und im Boden befinden sich hier auch ein Temperaturmeßgerät und eine Zuführung für das Gas, dessen Aufgabe darin besteht, im Wärmeraum die für die Vermeidung der Oxydation des Stahlbleches erforderliche Atmosphäre zu erzeugen. Die im Ofen behandelten Bleche verlassen ihn poliert und spiegelblank; selbst warmgewalzte Stähle kommen nach Normalisieren aus diesem Ofen schalen- und zunderfrei heraus. Die zum Weiterfördern bestimmten Haken in der Wärmezone sind aus einer Nickel-Chrom-Legierung. Der Antrieb der Kette erfolgt durch einen Motor mit einer im Verhältnis von 1 : 6 einstellbaren Geschwindigkeit, die sich nach der Art des Wärmegutes richtet. Die Heizkörper sind Nickel-Chrom-Bänder. Der Selbstkostenpreis hängt von den jeweiligen Arbeitsbedingungen ab. Im allgemeinen erfordert das Normalisieren von 1 t Stahl bei 910 ° einen Arbeitsaufwand von 235 kWh im Durchlaufbetrieb während 24 h. Die zusätzlichen Ausgaben für Handarbeit, Unterhaltung und Instandhaltung sind äußerst gering; nur die Ausgabe für das Gas ist in Betracht zu ziehen. [Rev. chauf. électr. 5 (1936) S. 99.] *Kp.*

Elektrische Antriebe.

621. 34 : 621. 68 **Fortschritte an Wasserringpumpen und ihr Antrieb.** — Unter den verschiedenen Pumpensystemen zur Flüssigkeitsförderung nimmt die Wasserringpumpe eine Sonderstellung ein. Sie hat den einfachen Aufbau der Kreiselpumpe, ist jedoch in der Lage, auch Gase zu fördern, und besitzt damit eine Eigenschaft, die das Kennzeichen der Verdrängerpumpen darstellt. Die Wasserringpumpe vereinigt also die Vorzüge der Kreiselpumpe mit denen der Kolbenpumpe. Dies geht auch aus den Betriebskennlinien dieser 3 Pumpengattungen hervor (Abb. 4). Bei der Planung von elektrischen Antrieben für Pumpen hat man stets auf die Leistungskennlinie der Pumpe zu achten. Die Antriebsleistung einer normalen

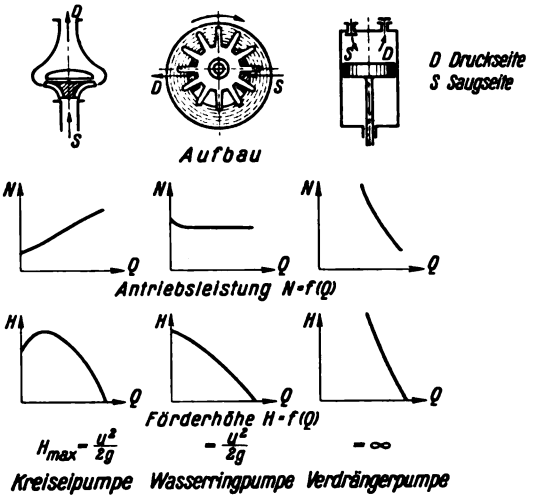


Abb. 4. Betriebskennlinien dreier Pumpenarten.

Kreiselpumpe schwankt in der Regel im Verhältnis 1 : 3, wobei die größte Antriebsleistung bei kleinster Förderhöhe auftritt. Um Überlastungen des Antriebmotors zu vermeiden, muß man entweder überbemessene Motoren verwenden oder durch Drosselung die Förderhöhe künstlich vergrößern. Bei Kolbenpumpen ist die Gefahr der Motorüberlastung besonders groß. Die Kolbenpumpe hat das Bestreben, die Fördermenge konstant zu halten unabhängig vom vorhandenen Gegendruck. Wenn die Widerstände in der Druckleitung anwachsen, kann die Antriebsleistung auf ein Mehrfaches der normalen Leistung ansteigen. Man muß deshalb bei Kolbenpumpen bei der Auswahl des Motors und der Schutzschalter besonders vorsichtig zu Werke gehen. Die Gefahr einer Motorüberlastung ist bei der Wasserringpumpe praktisch ausgeschaltet. Wie das Leistungsdiagramm zeigt, ist die Antriebsleistung nahezu unabhängig von der Fördermenge. Es ist also weder bei offener noch bei geschlossener Druckleitung eine Überlastung des Antriebmotors möglich.

Abb. 5. Wasserringpumpe.

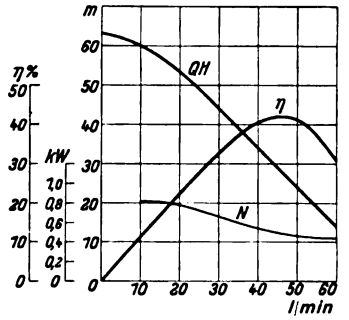
In der einfachsten Form besteht die Wasserringpumpe aus einem sternfördernden Kreiselrad, das im Pumpengehäuse exzentrisch gelagert ist. Während des Betriebes bildet sich unter der Einwirkung der Fliehkraft ein Flüssigkeitsring, der einen gasdichten Abschluß zwischen den Schaufelkammern erzeugt. Infolge der exzentrischen Lagerungen haben die Schaufelkammern verschiedene Volumen, wobei, im Drehsinn des Rades gesehen, der Zellenraum zunächst wächst, um anschließend wieder abzunehmen. Es entsteht hierdurch eine kräftige Pumpwirkung, die zum Fördern von Gasen und Flüssigkeiten ausgenutzt werden kann.

In elektrisch angetriebenen Hauswasserversorgungsanlagen werden vorteilhaft Pumpen nach dem Wasserringprinzip verwendet. Diese Maschinen haben hier den großen Vorteil, daß sie die Saugleitung sicher entlüften und gleichzeitig das Vorverdichten des Luftpolsters im Druckkessel übernehmen können. Wegen des einfachen Aufbaues

Digitized by Google

(Abb. 5) sind Störungsquellen weitgehend ausgeschaltet. Der einzige Nachteil der Wasserringpumpe bestand lange Zeit darin, daß die eigenartige Wasserführung in der Pumpe große Verluste verursachte, so daß man bei kleinen Pumpen mit Wirkungsgraden von etwa 25 % rechnen mußte.

Es ist nun gelungen, eine neuartige Wasserführung zu finden, die eine beträchtliche Wirkungsgradsteigerung bringt und gleichzeitig einen sehr geräuscharmen Lauf der Pumpen sichert. Diese Neukonstruktion stellt die Reihenschaltung einer Kreiselpumpe mit einer Wasserringpumpe dar. Bei der zweistufigen Ausführung ist eine Stufe als reine Kreiselpumpe gebaut, während die zweite Stufe etwa zu 75 % als Kreiselpumpe und nur zu 25 % als Wasserringpumpe anzusprechen ist. Der für die Wasserringmaschine typische sichelförmige Arbeitsraum, der bei der alten Ausführung sich über den ganzen Umfang von 360 ° erstreckt, ist bei der Neukonstruktion auf einen Sektor von 90 ° zusammengedrängt. Es wird ferner durch eine besondere Kanalführung dafür gesorgt, daß während des Betriebes als Wasserpumpe nur ein geringer Bruchteil der Förderflüssigkeit den Saugsektor durchströmt. Da die Pumpe vorwiegend nach den Kreiselradgesetzen gebaut ist, erreicht man auch geräusch- und verlustarmen Lauf der Kreiselpumpe. Man kann auf Wirkungsgrade von mehr als 40 % kommen (Abb. 6) und mit einer zweistufigen kleinen Pumpe Leistungen erreichen, die als außerordentlich günstig anzusprechen sind. *F. Br.*



QH Förderleistung *η* Wirkungsgrad
N Leistungsbedarf

Abb. 6. Antriebskurven einer Wasserringpumpe.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1935. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt hat im Berichtsjahr eine Reihe der neugeplanten Laboratoriumsräume bezogen. Im Röntgenlaboratorium wurde bei der Verlegung ein neuer Diagnostikapparat für Drehstrombetrieb mit sechs Ventilröhren und ein Röntgenapparat für 800 kV neu aufgestellt. Den akustischen Laboratorien wurden zwei weitere angegliedert, ein Laboratorium für Erschütterungsmessungen und eins für elastische Kennwerte, in welchem diese nach dynamischen Schwingungsverfahren untersucht werden sollen. Das Laboratorium für Feinmechanik wurde verlegt und der Aufbau des Laboratoriums für Großgasmesser im wesentlichen beendet. Von den neuen Hochfrequenzlaboratorien wurde die Einrichtung der Laboratorien für Empfänger und Röhrenprüfung und für Kurzwellentechnik so weit gefördert, daß mit den Untersuchungen auf dem Gebiet intensiver Dezimeter- und Zentimeterwellen nebst der Entwicklung hierfür geeigneter Röhren begonnen werden konnte. Die Synchronisation von Kurzwellensendern wurde bis zu einer Anzahl von neun Sendern bei einer Wellenlänge von 13,5 cm durchgeführt. Einzelsender wurden im wesentlichen als Magnetronsender entwickelt. Auch in dem neuen Laboratorium für Strom- und Spannungsmessung konnte die Arbeit aufgenommen werden, unter anderem Eichung von Hochfrequenzstrommessern für kleine Ströme mit dem Lufthermometer nach Scheibe und Leistungsmessung bei Höchstfrequenz ($\lambda = 6$ m) kalorimetrisch durch Erwärmung einer Kochsalzlösung bestimmter Leitfähigkeit. Die Übersiedelung des Laboratoriums für Zeit- und Frequenzmessung machte den Bau neuer Quarzuhren notwendig, da die Gangbestimmungen, die Abgabe von Zeitsignalen und die Lieferung von Normalfrequenzen durch einen Umzug der Quarzuhren nicht unterbrochen werden durften. Zur Aufstellung der neuen Uhren wurde ein besonderer Uhrenkeller ausgebaut. Die bisherigen Gangvergleichungen machten es sehr wahrscheinlich, daß eine im Juni 1934 aufgetretene, bei den verschiedenen Uhrentypen gleiche Gangänderung von 0,004 s auf ein Kürzerwerden der astronomischen Tageslänge zurückzuführen ist. Auf die Normalfrequenz der Quarzuhr werden höhere Frequenzen bis 10^8 Hz durch Frequenzteilung bezogen. Die Vervielfachung der Normalfrequenz stößt noch auf Schwierigkeiten. Frequenzvergleichungen mit dem National Physical Laboratory ergaben für eine Modulationsfrequenz von 999,99998 Hz Übereinstimmung innerhalb 0,00001 Hz. Zwei Leuchtresonatoren der gebundenen Type, die 1931 für das National Physical Laboratory geprüft worden waren, ergaben bei Nachprüfung 1935 nur Abweichungen innerhalb der Fehlergrenzen. Von weiteren Arbeiten der Abteilung 2 für Elektrizität und Magnetismus seien die Untersuchungen über die absoluten Einheiten erwähnt, die am 1. 1. 1940 eingeführt werden sollen[1]), internationale Vergleichungen von Normalwiderständen und -elementen, die Brauchbarkeit von Gold-Chrom-Legierungen für Präzisionswiderstände, die Schaffung eines Normalelements kleiner Spannung, eines Normalkondensators für sehr kleine Kapazitäten zwischen 0,0001 und 1 pF. Die Hochfrequenz-Resonanzbrücke wurde weiter verbessert, die Messung dielektrischer Verluste bis zu 10^8 Hz ausgedehnt, das Verhalten von Isolierpreßstoffen gegenüber Kriechströmen untersucht und die Ergebnisse auf das Verhalten von Feuchtraumdosen übertragen. Eine Reihe von Arbeiten beschäftigte sich mit der Untersuchung von Wandlern, Prüfung von Höchstspannungswandlern mit einer rein kapazitiven Spannungsteilung, Prüfung von Meßwandlerbürden, Messung dielektrischer Verluste bei Meßwandlern, Präzisionsmessungen an Strom- und Spannungswandlern mit neuen Wechselstrom-Normalwiderständen, Messung der Zeitkonstanten kleiner Widerstände. Die Abweichung von der Sinusform wurde durch Aufnahme der Oberwellenkurve mit einer Genauigkeit von 0,1 % des Grundwellenscheitelwertes bestimmt. Piezoelektrische Indikatoren wurden zur Untersuchung von Verbrennungsmotoren und zur Erschütterungsmessung verwendet. Die magnetische Meßeinrichtung wurde verbessert, der Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf das magnetische Verhalten von Metallen und Legierungen weiter verfolgt und die Abhängigkeit der Magnetisierung vom Druck untersucht. Zu diesen nur teilweise angeführten Arbeiten der Abteilung 2 kommt eine große Zahl von Untersuchungen in anderen Abteilungen, die auch für den Elektrotechniker von Interesse sind, auf die hier aber nur kurz hingewiesen werden kann. Dazu gehören Versuche über Atomstrahlen und Kernumwandlung in der Präsidialabteilung, Messungen mit Schall- und Ultraschallwellen im akustischen Laboratorium, magnetokalorische Erzeugung tiefster Temperaturen und Versuche zur Supraleitfähigkeit im Kältelaboratorium und Untersuchung von Photozellen im optischen Laboratorium. [Tätigkeitsbericht 1935 der Phys.-Techn. Reichsanstalt.] *Br.*

621. 317. 39 : 533. 12 **Messung niedriger Gasdrücke.** — Ein elektrisch geheiztes Metallband stellt sich in einem Gase auf eine konstante Temperatur ein, bei der die Verluste durch Leitung und Strahlung gleich der zugeführten Energie sind. Mit abnehmendem Druck beginnt bei einigen Torr[2]) durch Ausbildung des Temperatursprunges zwischen Band und Gas die Wärmeleitfähigkeit des Gases scheinbar abzusinken; die Temperatur des Bandes steigt mit sinkendem Druck, bis unterhalb 10^{-4} Torr die Temperatur wesentlich durch die Strahlungsverluste bedingt ist. Diese Änderung der Wärmeleitfähigkeit des Gases kann man nach H. Klumb und Th. Haase zum Aufbau eines einfachen, widerstandsfähigen und zuverlässigen Manometers benutzen. Abb. 7 zeigt eine Ausführungsform. Benutzt wird ein zur Wendel aufgewickeltes Bimetallband, dessen Verdrehung zur Temperatur- und damit zur Druckmessung dient. Ein zweites entgegengesetzt wirkendes

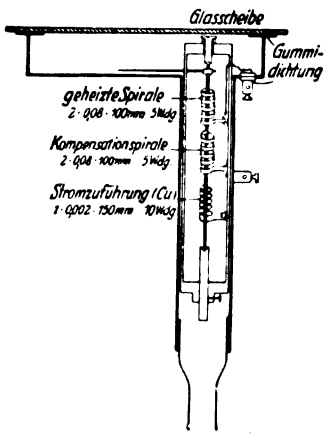


Abb. 7. Manometer für kleinen Druck.

[1]) J. Wallot, ETZ 57 (1936) H. 28, S. 813.
[2]) 1 Torr entspricht dem Druck von 1 mm Quecksilbersäule.

Digitized by Google

Bimetallband dient zur Temperaturkompensation bei Schwankungen der Außentemperatur. Der Verbrauch des Instruments beträgt 0,1 W, der maximale Ausschlag 75° bis 90°. Die Ablesung der Zeigerstellung geschieht an einer im Gas liegenden Skala mit bloßem Auge. Die Eichkurve zeigt, daß es im Druckbereich von 1 bis 10^{-4} Torr gut verwendbar ist. Die Einstelldauer ist allerdings ziemlich groß; sie beträgt etwa 60 s. Die Instrumente sind unempfindlich gegen grobe Erschütterungen; die auftretenden Drehmomente sind so groß, daß sie auch als druckabhängige Schaltgeräte dienen können. Die Eichkurve hängt von der Art des Gases ab. [H. Klumb und Th. Haase, Physik. Z. 37 (1936) S. 27.] *ue*

537.311.37 **Die elektrische Leitfähigkeit komprimierter Metalldämpfe.** — Metallische Leitung, d. h. Wandern von Valenzelektronen allein unter der Wirkung eines äußeren elektrischen Feldes, muß auch in einem Metalldampf möglich sein und mit zunehmender Dichte stetig und rasch zunehmen, bis bei der Dichte des flüssigen Metalls die Leitfähigkeit den normalen Wert von der Größenordnung $10^5\ \Omega^{-1}\,cm^{-1}$ erreicht. Auf Grund der Blochschen Theorie der elektrischen Leitfähigkeit kann man ungefähr abschätzen, daß Kaliumdampf von 1200° und 10 at eine Leitfähigkeit von der Größenordnung $10^{-5}\ \Omega^{-1}\,cm^{-1}$ haben könnte. Versuche von W. Braunbek, diese Leitfähigkeit nach einem statischen und einem Strömungsverfahren zu messen, haben aber ein negatives Ergebnis gehabt. Die gemessene Leitfähigkeit zeigt eine starke Zunahme mit der Temperatur und eine Abnahme mit steigendem Druck. Beides spricht dafür, daß sie nicht metallisch, sondern thermisch bedingt ist (Elektronenemission der heißen Gefäßwände, Ionisation der K-Atome an den Wänden). Die Messungen gestatten nur, eine obere Grenze von $10^{-7}\ \Omega^{-1}\,cm^{-1}$ für die metallische Leitfähigkeit des Kaliumdampfes anzugeben. Für Quecksilberdampf von 35 at und 730° ist diese obere Grenze $10^{-12}\ \Omega^{-1}\,cm^{-1}$. [W. Braunbek, Z. Physik 97 (1935) S. 482.] *Br.*

621.315.612.015.5 **Messung von Durchschlagsfeldstärken fester Isolierstoffe im Frequenzbereich 1 bis 15 MHz. Ausbau der Theorie des Wärmedurchschlags.** — Messungen von Durchschlagsfeldstärken fester Isolierstoffe lagen bisher nur bis zu Frequenzen von ungefähr 1 MHz vor. Die Aufgabe einer Arbeit von R. Becker bestand in der Ausdehnung der Messungen auf den Frequenzbereich über 1 MHz bis zu 15 MHz. Die Ergebnisse der Messungen sollten zur Prüfung der Theorie des Wärmedurchschlags von K. W. Wagner verwendet werden. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Stoffe Glas, Glimmer und die keramischen Isolierstoffe A, B und C.

Die Messungen wurden unter möglichster Vermeidung von störenden Einflüssen durch Nebenerscheinungen an den Elektronenrändern durchgeführt. Durch geeignete Formgebung und Metallisierung der Prüfstücke und Elektroden waren bei A, B und C Randeffekte vollkommen vermieden. Bei Glas und Glimmer war der Randeffekt durch Eintauchen der Versuchseinrichtung in eine geeignete Einbettungsflüssigkeit weitgehend beseitigt. Um die Voraussetzungen der Wärmetheorie in den Versuchen zu erfüllen, wurde die Durchschlagsspannung einheitlich nach demselben Verfahren eingeregelt. Die Spannungssteigerung war so langsam, daß sich in jedem Augenblick möglichst eine konstante Temperaturverteilung und Wärmeströmung ausbilden konnten.

Bei allen untersuchten Stoffen zeigte sich eine starke Abnahme der Durchschlagsfeldstärke mit zunehmender Frequenz. Um die Meßergebnisse mit der Theorie vergleichen zu können, wurden an den Stoffen A, B und Glas die Abhängigkeit der Gleichstromleitfähigkeit von der Temperatur und der Gang des Verlustwinkels mit der Temperatur und Frequenz bestimmt. Der Vergleich des gemessenen Frequenzganges mit der Theorie ergab bei Glas eine gute Übereinstimmung. Bei A und B war die Abnahme der berechneten Durchschlagsfeldstärke mit zunehmender Frequenz etwas größer als die Abnahme der gemessenen. — Die Theorie des Wärmedurchschlags von K. W. Wagner wurde auf neuer Grundlage ausgebaut. Die bisherigen theoretischen Ergebnisse wurden bestätigt. Die neue Theorie lieferte weiter die Möglichkeit, aus den Messungen der Gleichstromleitfähigkeit und des Verlustwinkels eines Stoffes unter bestimmten, mit den Versuchsbedingungen gut zu vereinbarenden Annahmen die Größe der Durchschlagsspannung und die in jedem Augenblick vor dem Durchschlag vorhandene Temperaturverteilung zu berechnen. Der Vergleich der Theorie mit den Messungen zeigte eine gute Übereinstimmung. [R. Becker, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 7, S. 411.]

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

338 (064) **Leistungsschau der deutschen Wirtschaft auf der Olympiade-Ausstellung „Deutschland", Berlin 1936.** — Die in der Ausstellungsstadt am Funkturm aufgebaute Ausstellung wurde am 18. 7. 1936 vom Reichsminister für Volksaufklärung und Propaganda Dr. Goebbels eröffnet und dauerte bis zum 16. 8. Die Ausstellung gab den Volksgenossen und insbesondere dem Olympiabesucher einen allseitigen Einblick in das Wesen und Schaffen des deutschen Volkes mit seinen Landen und seiner über die Jahrhunderte gehenden kulturellen Entwicklung bis zur nunmehr unter zielbewußter Führung wiedergewonnenen Erstarkung. Die Schau gliederte sich in drei große Abteilungen: „Das neue Deutschland", „Deutsches Volk und deutsches Land", „Leistungsschau der deutschen Wirtschaft". In letzterer als der größten Abteilung traten zunächst die Leistungen der staatlichen Verkehrsverbände: Reichsbahn, Reichspost, Lufthansa in Erscheinung, denen sich die Berliner Verkehrs A.-G. und die deutsche Automobilindustrie zugesellt hatten. An der hier vorgegangenen Entwicklung hat die deutsche Elektrotechnik hervorragenden Anteil. Eine Höchstleistung elektrischer Schweißarbeit ist der ausgestellte völlig geschweißte Rahmen der elektrischen Lokomotive[1]) der Reihe E 18, der stärksten der Welt, im Gewicht von 15 t bei einer Länge von 15,5 m (Abb. 8). Mit einem Schnellverkehrsnetz von etwa 9000 km, auf dem Züge mit einer reinen Durchschnittsgeschwindigkeit von 110 km/h verkehren, steht die Verkehrsleistung der Deutschen Reichsbahn bei weitem an der Spitze aller Eisenbahnen der Welt. Die Reichspost ermöglichte, ihre Einrichtungen für Übersee-Funkgespräche, Fernsehsprechen und Fernschreiben praktisch zu benutzen. Mit fahrenden D-Zügen, fahrenden Ozeandampfern, möglicherweise auch mit dem Luftschiff „Hindenburg" auf der Fahrt kann gesprochen werden. Nicht eindrucksvoller konnte deutsche Forschertätigkeit auf physikalisch-elektrischem Gebiet gewürdigt werden als durch die Auslegung

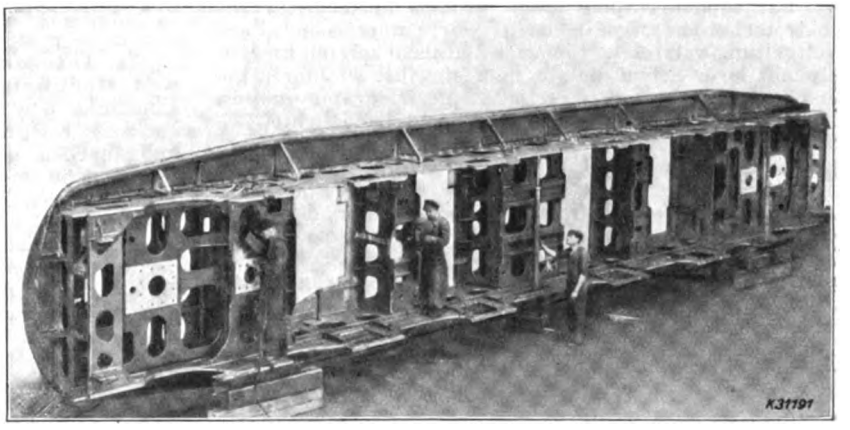


Abb. 8. 15½ m langer elektrisch geschweißter Rahmen der stärksten einrahmigen elektrischen Lokomotive der Welt auf dem Stande der Deutschen Reichsbahn.

[1]) Vgl. a. S. 1074 d. Heftes, Fußnote 7.

Digitized by Google

des ersten Telephons von R e i s s, der ersten Röntgenröhre, der ersten Siemensschen Dynamo im „Weiheraum des deutschen Genius", der Schlußstein und Krönung der Ehrenhalle war. Die große praktische Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Werkstoff- und Arbeitsprüfung wurde in einem arbeitsfertigen Röntgenlaboratorium gezeigt, das in dem Raum „Technik und Wissenschaft" eingerichtet war. Hier befand sich auch ein metallurgisches Laboratorium, in dem u. a. ein Hochfrequenzofen zur Gewinnung chemisch reinster Metalle, der Tammann-Elektroofen für die Erzeugung von Temperaturen bis 3000 °, ein Metall-Mikroskop zur Beobachtung des inneren Gefüges der Legierungen und seiner Veränderungen zu sehen waren. Es sind

Abb. 9. Teilansicht der Industrieschau auf der Ausstellung „Deutschland", Berlin 1936.

hervorragende deutsche Errungenschaften, die gerade bei den Arbeiten neuzeitlicher Werkstoffkunde von größter Bedeutung sind.

Unter den Schaustellungen der Industrie auf allen Gebieten wirtschaftlichen Lebens gab die Agfa-Leistungsschau in Halle 2 ein ungemein anregendes Bild zur Verwendung deutscher Erzeugnisse. So wurde die Atomzertrümmerung erst durch die Photographie sichtbar und meßbar, die Stratosphären-Photographie dient dem Wetterdienst, die neue hochempfindliche Agfacolor-Ultra-Platte brachte der Farbenphotographie einen großen Fortschritt. Die elektrotechnische Großindustrie war entsprechend ihrer Weltgeltung vertreten. Siemens & Halske zeigten im Mittelpunkt ihrer Schau die vor nunmehr fast 90 Jahren geschaffenen Geräte: den ersten Zeigertelegraph und die Guttaperchapresse, die es zum erstenmal ermöglichte, Leitungsdrähte gut zu isolieren. Eine Neha-Motorwählerzentrale zeigte den neuesten Stand der Fernsprecher. Sodann sei angeführt der SH-Schreiber, ein tragbarer Bildsender, der selbsttätige Zeitansager, aus der Meßtechnik der sechsschleifige Universaloszillograph, mit dem u. a. der Verlauf der Sprechschwingungen gezeigt wurde. Die SSW hatten neben dem Modell des elektrischen Schnellbahnwagens, der bereits im Jahre 1903 eine Geschwindigkeit von über 200 km/h erreichte, einen Wechselstrom-Tatzlagermotor neuester Bauart mit Eigenlüftung ausgestellt, der in Triebwagen der DRG eingebaut ist und auch für den neuen Schnelltriebwagen für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h, der auf der Strecke Stuttgart—München—Berchtesgaden verkehren wird, vorgesehen ist (Abb. 9). Die Nennleistung dieses Reihenschlußmotors ist 225 kW bei 1370 U/min und 335 V. Das Gewicht beträgt 2170 kg. Besonders fiel weiter der vollständige dreipolige Expansionsschalter für 110 kV auf, der z. Z. bis zu 220 kV hergestellt wird. Die Leistungsfähigkeit ist im normalen Betrieb etwa 100 000 kW. Kurzschlußleistungen von 1 500 000 kVA können abgeschaltet werden. Zum Verschweißen von kleinen und kleinsten Gegenständen aus Eisen, insbesondere aber aus Nichteisenmetallen dient die Punktschweißmaschine mit Stromrichtersteuerung, die für Schweißzeiten von $^1/_{1000}$ bis $^1/_{100}$ s einstellbar ist. Die AEG führte aus ihrer Forschungsarbeit eine kleinere Stoßanlage für Laboratoriumsversuche vor, die im Anschluß an das 220 V-Starkstromnetz Spannungsstöße von 1,2 Mill V gibt. Durch Anlegen dieser Spannung an ein Kathodenstrahlrohr werden Kathodenstrahlen erzeugt, die in der Atomphysik bei der Zertrümmerung und Umwandlung der Atomkerne eine Rolle spielen. Des weiteren waren ein Druckgasschalter für eine Abschaltleistung von 250 000 kVA, ein Großgleichrichter für 5000 A Gleichstrom bei 800 V, ein Radsatz mit AEG-Federtopfantrieb für Wechselstrom-Triebwagen (160 km/h Höchstgeschwindigkeit), eine Abbrenn-Stumpfschweißmaschine, ein neuer AEG-Schweißgleichrichter für Lichtbogenschweißung, das Muster eines ölgefüllten Kabels für 100 kV Betriebsspannung und 40 000 kVA Übertragungsleistung, eine neue Beleuchtungsart mit Mischlicht (Quecksilberdampf- und Glühlampenlicht) zur Beleuchtung von Vorführräumen usw. ausgestellt. Im Nachrichtenwesen ist die von der Reichsrundfunkgesellschaft benutzte Lorenz-Stahlton-Band-Maschine und die Lorenz-Textophon-Anlage zur Aufnahme und Wiedergabe von Telephongesprächen, bei Mix & Genest eine Feuermeldezentrale für kleine Orte und Betriebe mit Feuermelder und Typendrucker zu erwähnen. Die Bewag zeigte auf ihrem Stand die vielseitige Verwendung der Elektrizität im Haushalt und Gewerbe. Ein großes täglich einstellbares Tages-Belastungsdiagramm ließ den großen Einfluß des 4 Rpf-Nachttarifs auf die Höhe der Nachtbelastung um 0 Uhr erkennen. Die Bosch AG. gab viele Beispiele aus ihrer Erzeugung, u. a. Elektrowerkzeuge, einen benzinelektrischen Stromerzeuger usw. Auf einem großen Modell des Reichssportfeldes hatte Telefunken die umfangreichen und den Besonderheiten der Anlage angepaßten Mikrophon-, Verstärker- und Lautsprecheranlagen zur Rundfunkübermittlung dargestellt. Ein Fernsehen auf einer 1 m² großen Bildfläche wurde erstmalig gezeigt. Aus der Draht- und Kabelindustrie sei noch die Hackethal AG. mit einem Freileitungs-Endverschluß von 65 kV und neuen Alu-Leitern erwähnt. Auf dem Stand der Rheinmetall-Borsig AG. fiel besonders ein Modell des Olympia-Eisstadions in Garmisch-Partenkirchen auf, bei dem die 1800 m² große Eisfläche durch eine Kälteanlage mit 300 000 kcal/h Leistung erzeugt wird, die aus zwei liegenden, doppeltwirkenden, durch Riemen elektrisch angetriebenen Ammoniak-Verdichtern besteht. *Pge.*

II. Internationaler Kongreß für Brückenbau und Hochbau. — Vom 1. bis 11. 10. 1936 findet auf Einladung der deutschen Reichsregierung der II. Internationale Kongreß für Brückenbau und Hochbau in Berlin und München statt. Organisation und Durchführung liegen in den Händen des Generalinspektors für das deutsche Straßenwesen, Dr.-Ing. T o d t. Ort der Tagung ist vom 1. bis 8. 10. Berlin. Die Eröffnung findet im Reichstags-Sitzungssaal der Krolloper statt, die Arbeitssitzungen in der Technischen Hochschule. In den Vorträgen wird auch die elektrische Schweißung behandelt werden, ebenso Fragen des Kraftwerksbaues. Am 8. 10. beginnt eine mehrtägige Besichtigungsreise über Dresden nach München, und in München endet der Kongreß am 11. 10 mit einem Schlußakt im Deutschen Museum. Nähere Auskunft erteilt der Organisationsausschuß des Kongresses, Berlin W 8, Pariser Platz 3.

„Kampf um 1½ Milliarden", Köln. — In der Zeit vom 23. bis 31. 10. 1936 findet in Köln die Ausstellung „Kampf um 1½ Milliarden" statt. Während die erste Abteilung dem Kampf gegen Verderb in der Landwirtschaft und Hauswirtschaft gewidmet ist, wird sich die zweite Abteilung mit dem Kampf gegen Sachwertverluste in Industrie, Gewerbe und öffentlichen Betrieben befassen. Auskünfte erteilt die Messe- und Ausstellungs-Ges. m. b. H. Köln, Köln-Deutz, Messeplatz.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Grundsätzliche Eigenheiten der Elektrowärme-Anwendungen in Industrie und Gewerbe.

Von F. Mörtzsch VDE, Berlin.

621. 364. 6

Übersicht. Die Unterschiede der elektrischen Wärmeerzeugung und der Verbrennung organischer Brennstoffe sowie die sich daraus ergebenden praktischen Auswirkungen werden dargelegt*). An Hand praktischer Beispiele, vor allem aus gewerblichen Betrieben, wird gezeigt, in wie hohem Maße diese grundsätzlichen Eigenheiten die Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

Wenn man die Vorzüge der elektrischen Heizung richtig verstehen will, muß man sich mit den Sonderheiten der elektrischen Wärmeerzeugung im Vergleich zu den bisher üblichen Wärmeerzeugungsverfahren und den damit verbundenen Begleiterscheinungen befassen.

1. Grundsätzliche Eigenheiten der Elektrowärmeerzeugung.

Bei der Verbrennung von Kohle und Gas oder anderen organischen Brennstoffen handelt es sich um einen chemischen Verbrennungsvorgang, der an das Vorhandensein von Sauerstoff gebunden ist und Verbrennungsrückstände in Form von Schlacke, Asche, Ruß oder Abgasen bedingt. Die bei der chemischen Verbrennung der organischen Bestandteile entstehenden Temperaturen sind abhängig von dem Gas-Luft-Gemisch und halten sich auf einer Höhe von etwa 1000 bis 1500 °. Eine direkte Regelung der Flammentemperatur ist an sich nicht möglich, da eine Änderung der Energiezufuhr (z. B. Drehen des Gashahnes) zwar die in der Zeiteinheit erzeugte Wärmemenge, nicht aber die hierbei entstehende Temperatur beeinflußt.

Grundsätzlich anders liegen die Verhältnisse bei der Elektrowärme. Die Wärme wird hier direkt erzeugt, wenn der elektrische Strom einen Heizwiderstand durchströmt. Es handelt sich demnach nicht um einen chemischen Verbrennungsvorgang, sondern um einen physikalischen Erwärmungsvorgang. Die entstehenden Temperaturen sind abhängig von der Höhe der zugeführten Arbeit und der Größe und Beschaffenheit der Heizkörperoberfläche. Man hat es also in der Hand, durch richtige Bemessung der Heizkörper jede gewünschte Temperaturhöhe zu erreichen, und kann von vornherein die auftretenden Temperaturen dem Arbeitsvorgang aufs beste anpassen. Eine Temperaturregelung ist leicht möglich, da bei geringerer Arbeitszufuhr auch die Oberflächentemperatur des Heizkörpers sinkt. Da der physikalische Erwärmungsvorgang an das Vorhandensein von Sauerstoff nicht gebunden ist und auch keine Verbrennungsrückstände entstehen, ist die elektrische Heizung einfach und hygienisch. Weiterhin kann die Heizwirkung beliebig fein verteilt oder auf einen Punkt zusammengezogen werden, ohne daß hierdurch der Wirkungsgrad wesentlich beeinflußt wird.

Wichtig ist ferner die Tatsache, daß, unabhängig von Schornsteinzug, Brennstoffbeschaffenheit, Luft- oder Gaszufuhr, bei der Elektrowärme einer bestimmten Schalterstellung immer eine ganz bestimmte, stets gleiche Temperatur entspricht, so daß auch bei einfachen Ofenausstattungen für Kleinbetriebe ohne umfangreiche Überwachungsanlagen gute Ergebnisse erzielt werden.

Zusammenfassend können folgende grundsätzliche Vorteile der elektrischen Heizung festgestellt werden[1])[2]):

Leichte und genaue Schalt- und Regelbarkeit: Genaue Einhaltung bestimmter Grenztemperaturen, beliebiger zeitlicher Verlauf des Temperatur-an- und -abstiegs.

Gleichmäßige Temperaturverteilung; größte Energiekonzentration: Wichtig für Arbeitsgut und Wirtschaftlichkeit.

Beliebige Formgebung der Heizkörper: Anpassung an jeden Arbeitsvorgang.

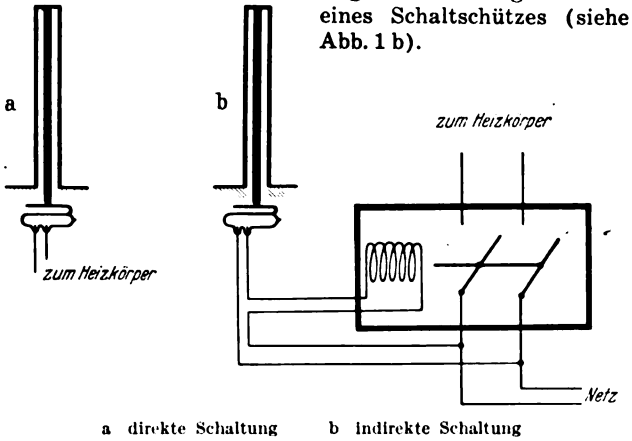
Keine Feuer- oder Explosionsgefahr: Wegfall der offenen Flamme.

Höchste Sauberkeit: Keine Luftverschlechterung durch Sauerstoffverbrauch, keine Verbrennungsrückstände.

2. Praktische Auswirkungen dieser Eigenheiten.

An Hand einer Reihe von Beispielen soll gezeigt werden, in wie hohem Maße die oben geschilderten Vorzüge die praktische Verwendbarkeit der Elektrowärmegeräte auf den verschiedensten Anwendungsgebieten beeinflussen.

a) Leichte Schalt- und Regelbarkeit. Die meisten der Elektrowärmegeräte werden heute mit selbsttätigen Temperaturreglern ausgestattet. Bei kleineren Geräten mit einer Stromstärke bis 20 A kommt man oft mit direkter Temperaturregelung aus. Als Wärmefühler dienen Stabausdehnungsregler, bei denen die verschiedene Längenausdehnung zweier Metalle (z. B. Messing und Invarstahl) zur Betätigung der Regeleinrichtung benutzt wird. Die Schaltung erfolgt zumeist durch Quecksilberschaltröhren (Abb. 1 a). Bei größeren Schaltleistungen erfolgt die Schaltung mit Hilfe eines Schaltschützes (siehe Abb. 1 b).



a direkte Schaltung b indirekte Schaltung

Abb. 1. Selbsttätige Temperaturregelung.

Für größere Elektroöfen und dergleichen hat man genauer arbeitende Temperaturreglereinrichtungen geschaffen. Es ist ohne weiteres möglich, z. B. in Glühöfen, die Betriebstemperatur auf ± 1 ° genau konstant zu halten. Wichtig ist ferner, daß man auch den Verlauf des Temperaturanstiegs und den Verlauf der Abkühlung beliebig gestalten kann. Diese Tatsache findet z. B. praktische Anwendung bei Glaskühlöfen. Der Vorzug der genauen selbsttätigen Temperaturregelung ist aber nicht nur auf dem Gebiet der Güteverbesserung des Arbeitsgutes zu suchen, sondern hat oft auch ganz andere Auswirkungen. So läßt sich z. B. bei elektrisch geheizten Zinnbädern durch den Einbau selbsttätiger Temperaturregler der Zinnabbrand so stark verringern, daß der Wert der Werkstoffeinsparung meist

*) Vortrag, gehalten am 5. 6. 1936 in der Fachgruppe „Industrieanlagen" der Arbeitsgemeinschaft der Jungingenieure Berlin.

[1]) Buff, ETZ 56 (1935) S. 1148, 1192, 1221.

[2]) F. Mörtzsch: Elektrowärme, ein Handbuch für alle, Berlin: Dr. Selle-Eysler.

Digitized by Google

wesentlich höher als die gesamten Stromkosten ist. Selbst in handwerklichen Betrieben lassen sich oft durch Einführung der Temperaturregelung ganz wesentliche Fortschritte erzielen. Als Beispiel sei hierbei auf den Betrieb von Fleischereien hingewiesen. Abb. 2 zeigt die verschiedenen Elektowärmeanwendungen bei der Wurstherstellung. Hier verhindert die genaue Einhaltung einer bestimmten Temperatur des Brühwassers das Platzen der Wurst und vermeidet somit unerwünschten Verlust[3]). In erster Annäherung kann mit einem Stromverbrauch von etwa 0,5 bis 0,6 kWh je kg Brühwurst gerechnet werden.

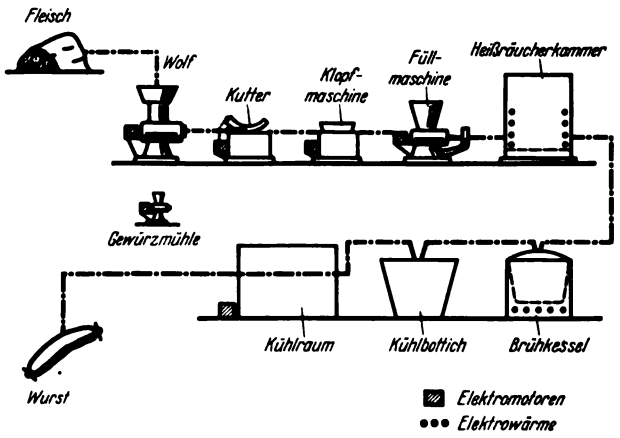


Abb. 2. Elektrowärme in einer Fleischerei.

b) Temperaturverteilung und Energiekonzentration. Für viele Arbeitsvorgänge, z. B. die Veredlung von Leichtmetallen, ist eine überall gleichmäßige Temperatur mit Schwankungen von höchstens ± 2 ° erforderlich. Man hat hierfür bisher meist elektrisch geheizte Salzbäder verwendet, wobei für durchgehenden Betrieb etwa mit 220 bis 250 kWh je t Durchsatz zu rechnen ist.

In letzter Zeit verwendet man für die gleichen Arbeiten auch vielfach Luftumwälzöfen, bei denen durch einen elektrisch angetriebenen Lüfter für eine rasche Luftumwirbelung gesorgt wird. Es gelingt ohne weiteres, die Temperatur auf etwa 1 bis 2 ° konstant zu halten. Durch die kräftige Luftumwälzung wird vor allem bei niedrigeren Temperaturen die Erwärmungsgeschwindigkeit beträchtlich erhöht[4]). Abb. 3 zeigt einen Luftumwälzofen neuester Bauart. Wie sich die Luftumwälzung in der Praxis auswirkt, zeigt nachstehendes Beispiel: Ein Blechglühofen mit 120 kg Einsatzgewicht brauchte ohne Luftumwälzung zum Glühen 5,75 h und 71 kWh, mit Luftumwälzung dagegen 2 h und 40 kWh. Man erreichte somit eine Zeitersparnis von 65 % und eine Stromersparnis von 44 %[5]).

Abb. 3. Glühofen mit Luftumwälzung.

und Nichteisenmetallen verwendet werden. Auch die elektrische Stumpfschweißung, bei der die Erwärmung infolge Stromdurchgangs im Werkstück selbst erfolgt, ist hier als Beispiel anzuführen. Abgesehen von diesen Großanlagen, ist aber auch bei kleineren Geräten eine derartige Zusammenfassung der Heizwirkung auf kleinstem Raum möglich, z. B. bei Großtauchsiedern, die vielfach zur Flüssigkeitserhitzung in industriellen und gewerblichen Anlagen genommen werden. Bei einer Heizleistung von 9 kW können 25 l Wasser in 17 min von 20 auf 100 ° erwärmt werden.

c) Beliebige Formgebung der Heizkörper. Die Tatsache, daß man die elektrischen Heizkörper mit jeder Leistung und in beliebiger Form überall anbringen kann, hat vielfach zu ganz neuen Bauformen der Arbeitsgeräte geführt. Bei der alten kohlegeheizten Küche z. B. diente der Herd zum Kochen, Wärmen, Anrichten, Braten und Backen. In der elektrischen Großküche dagegen verteilt man die einzelnen Arbeitsvorgänge auf mehrere Geräte. In Gaststätten macht der Herd nur noch 25 bis 35 % des gesamten Anschlußwertes der Küche aus, während bei Kasinoküchen dieser Wert sogar auf 20 bis 30 % zurückgeht. Bei Küchen mit vorwiegender Einheitskost (z. B. in Kasernen, Arbeitslagern usw.) kann der Herd gegebenenfalls sogar ganz in Wegfall kommen, wenn eine genügende Anzahl von Elektrokochkesseln und direkt geheizten Bratpfannen vorhanden ist. Auch die Form der Geräte hat grundlegende Wandlungen durchgemacht. So werden z. B. in Großküchen vielfach Rundherde aufgestellt, die von allen Seiten gleich gut zugänglich sind.

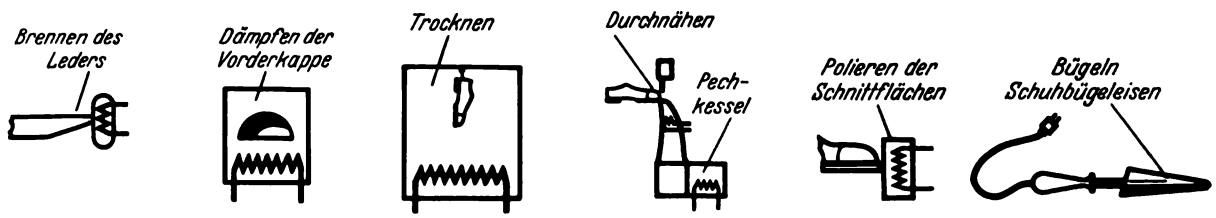


Abb. 4. Elektrowärmegeräte bei der Schuhherstellung.

Die Tatsache, daß man die Elektowärmewirkung auch auf geringsten Raum konzentrieren kann, findet ihre praktische Anwendung bei Lichtbogenöfen, die in immer zunehmendem Maße zum Schmelzen und Feinen von Eisen

Auf die Tatsache, daß sich die Elektrowärmegeräte, insbesondere Elektroöfen, leicht in den Herstellungsgang eingliedern lassen, wird hingewiesen[6]). Aber nicht nur in

[3]) Anklam-Koschwitz, Elektr.-Wirtsch. 32 (1933) S. 246. — Roth, Elektrowärme 6 (1936) S. 98.
[4]) Oram, Elektrowärme 3 (1933) S. 122.
[5]) Knoops, Elektr.-Verwertg. (1936/37) H. 1, S. 20.
[6]) Schmidt, Elektrowärme 2 (1932) S. 91.

Digitized by Google

der Metallindustrie hat man diesen Vorzug der Elektrowärme klar erkannt. Auch in anderen Wirtschaftszweigen haben sich die Elektrowärmegeräte als wichtige Hilfsmittel einer leistungsfähigen Herstellung erwiesen. Abb. 4 zeigt die Anwendungen der Elektrowärme bei der Schuhherstellung[7]). Der gesamte Wärmestromverbrauch für 100 Paar Schuhe schwankt zwischen 10 und 12 kWh.

d) Keine Feuer- und Explosionsgefahr. Der Wegfall der offenen Flamme ist wichtig für die Verarbeitung leicht brennbarer Stoffe, wie Zelluloid, Papier, Holz, Lack. Als Beispiel sei auf die zur Ölerwärmung benutzten Sondertauchsieder hingewiesen (Abb. 5). Um dickflüssig gewordene Schmierstoffe (Öl in Fässern oder Tanks) vor dem Umfüllen wieder dünnflüssig zu machen, werden diese Heizkörper durch das Spundloch eingeführt. Ein selbsttätiger Temperaturregler bewirkt Stromunterbrechung, wenn das Öl heißer als 150 ° wird, auch verhindert er eine unzulässige Erwärmung der Sieder bei versehentlichem Trockengehen. Diese Heizgeräte sind von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt auch für die Benutzung in explosionsgefährdeten Räumen (Garagen, Öllagern, Tankstellen, Flugzeugschuppen usw.) zugelassen.

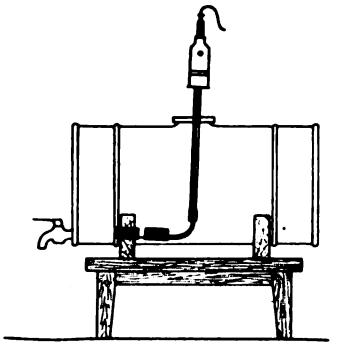


Abb. 5. Sondertauchsieder zur Ölerwärmung.

Neuerdings werden auch elektrische Heißwasserspeicher in Schutzräumen zum Abbrausen gasvergifteter Personen aufgestellt. Der Speicher, der meist als Überlaufspeicher betrieben wird, kann im Ernstfalle bei Wasserunterbrechung auch als Ablaufspeicher benutzt werden.

e) Sauberkeit. Die Tatsache, daß der elektrische Strom Wärme erzeugt, ohne Sauerstoffverbrauch und ohne Verbrennungsrückstände, ist von ausschlaggebender Bedeutung für den Betrieb. Man kann hierbei unterscheiden:

Rückwirkungen auf den Menschen,
Rückwirkungen auf den Arbeitsvorgang,
Rückwirkungen auf den Betriebsvorgang.

Fachgruppenleiter Ernst der Deutschen Arbeitsfront hat in einem Vortrag anläßlich der Elektrowärmetagung des Reichsverbandes der Elektrizitätsversorgung nachdrücklich auf die günstigen Einwirkungen der Elektrowärme auf die Arbeits- und Lebensbedingungen des schaffenden Menschen hingewiesen[8]). Für das Bedienungspersonal von Öfen ist es angenehmer, nur einen Druckknopf oder einen Handschalter zu betätigen an Stelle der sonst so mühevollen und oft schmutzigen Arbeit der Feuerbedienung. Die Arbeitsgüte wird günstig dadurch beeinflußt, daß der Fachbearbeiter jetzt nur noch sein Augenmerk auf die Werkstoffbehandlung, nicht aber auf die Feuerführung zu richten braucht. Als Beispiel für die hygienische Überlegenheit der elektrischen Heizung sei darauf hingewiesen, daß z. B. in Druckereien die Maschinensetzer erfahrungsgemäß viel lieber an elektrisch geheizten Maschinen arbeiten, da hier die Wärmeausstrahlung geringer und die Luftverhältnisse günstiger sind. Auch hat man die Erfahrung gemacht, daß der Farbanstrich der Räume mit elektrisch beheizten Geräten weniger häufig erneuert zu werden braucht[9]).

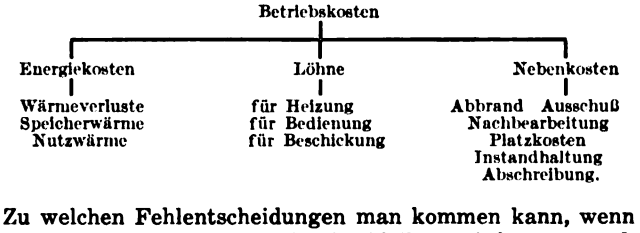
Wichtig für jeden Arbeitsvorgang ist die Tatsache, daß elektrische Öfen eine völlig reine Ofenatmosphäre besitzen bzw. mit jeder gewünschten künstlichen Atmosphäre arbeiten können, z. B. oxydierend, neutral oder reduzierend. Wichtig ist diese Tatsache für die Behandlung von Edelstählen. Auch die zunehmende Anwendung der Elektrowärme in der keramischen Industrie ist in erster Linie auf diese Eigenheit der Elektrowärme zurückzuführen[10]). Hier können z. B. beim Brennen von Porzellan die Brennkapseln wegfallen, ohne daß eine Güteminderung eintritt. Hinzu kommt, daß man durch die Einführung von selbsttätig arbeitenden Tunnelöfen die Brenndauer wesentlich herabsetzen konnte. Beim Einbrennen von Farben erweist sich ebenfalls das Fehlen fremder Einflüsse in der Ofenatmosphäre als günstig, so daß auch die empfindlichsten Farben sauber und ohne Verfärbung eingebrannt werden können.

Die unbedingte Sauberkeit der Elektrowärme hat sich ferner als wichtig für solche Betriebe erwiesen, bei denen jede Verunreinigung des Arbeitsgutes vermieden werden muß. Erinnert sei hier an elektrische Brennöfen für Zahnärzte und Dentisten, die, im Laboratorium aufgestellt, zum Brennen von Zahnersatz dienen und hierbei Temperaturen bis 1300 ° erreichen müssen. Auch alle anderen Laboratorien (bakteriologische Institute usw.) werden heute fast ausschließlich mit elektrisch geheizten Geräten (Brutschränken, Trockenschränken und dgl.) ausgerüstet.

Der Wegfall der Verbrennungsrückstände ermöglicht ferner, die elektrischen Geräte ohne Rücksicht auf Ascheabfuhr oder Schornsteine aufzustellen. Die Öfen können demnach ohne weiteres in den laufenden Herstellungsgang eingegliedert werden[11]), wobei meist Öfen mit bewegtem Arbeitsgut verwendet werden. Man unterscheidet: Wagenöfen, Tunnelöfen, Ringherdöfen, Trommelöfen, Rollherdöfen, Blockrollöfen. Auch durch die Schaffung geeigneter Beschickungsvorrichtungen wurde die Eingliederung der Elektroöfen in den übrigen Herstellungsgang wesentlich erleichtert.

3. Die Wirtschaftlichkeit der Elektrowärme.

Die richtige Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Wärmevorgangs ist nur möglich, wenn die Gesamtkosten je kg Arbeitsgut ermittelt werden. Auch ein Vergleich verschiedener Heizungsarten ist nur auf dieser Grundlage möglich. Dabei ist es falsch, nur die reinen Wärmekosten zu vergleichen. Es müssen vielmehr auch alle Nebenkosten berücksichtigt werden. Nachstehende Aufstellung gibt darüber Auskunft, aus welchen Beträgen sich die Gesamtkosten zusammensetzen.



Zu welchen Fehlentscheidungen man kommen kann, wenn die Nebenkosten unberücksichtigt bleiben, wird später noch gezeigt werden.

Nicht immer ist es möglich, alle Nebenkosten genau zahlenmäßig zu erfassen. Häufig wird deshalb bei einem Vergleich nur mit den reinen Wärmekosten gerechnet, wobei die Betriebsverhältnisse (Betriebswirkungsgrad usw.) keine genügende Berücksichtigung finden. Derartige Untersuchungen laufen dann nur darauf hinaus, den Wärmeinhalt der Mengeneinheiten der verschiedenen Heizmittel miteinander zu vergleichen.

Wenn man dann bedenkt, daß 1 kWh 864 WE, 1 m³ Gas 3600 WE, 1 kg Steinkohle 6000 bis 7000 WE sind, so errechnen sich bei gleichem Wärmeaufwand Strompreise, die weit unter denen liegen, die Elektrizitätswerke einzuräumen imstande sind. Selbstverständlich ist diese Berechnungsweise nicht richtig.

[7]) Klemm-Paschkis, Elektr.-Wirtsch. 30 (1931) S. 523.
[8]) Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 427.
[9]) Mörtzsch, Elektr.-Wirtsch. 30 (1931) S. 572.
[10]) Masukowitz, Elektrowärme 6 (1936) S. 30 u. S. 123.
[11]) Fischer, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 449.

Digitized by Google

Die Verhältnisse werden schon günstiger, wenn man den Betriebswirkungsgrad der verschiedenen Wärmegeräte berücksichtigt. Allgemein ist bekannt, daß bei Elektrowärmegeräten mit außergewöhnlich guten Wirkungsgraden — etwa zwischen 75 und 95 % — gerechnet werden kann, während bei Öfen mit festen oder gasförmigen Brennstoffen meist nur Wirkungsgrade von 15 bis 50 % erreicht werden. Zschintzsch hat anläßlich der Elektrowärme-Fachtagung des REV dargelegt, daß selbst dann, wenn alle die oben erwähnten Nebenkosten keine Berücksichtigung finden, die Elektrowärme durchaus imstande ist, mit anderen Brennstoffen in Wettbewerb zu treten[12]).

Er hat ferner nachgewiesen, daß auch bei Berücksichtigung des Wärmewirkungsgrades des Kraftwerks, der Fortleitungsverluste und des Wirkungsgrades des Ofens sich in vielen Fällen ein Wärmeaufwand ergibt, der etwa in derselben Größenordnung wie bei der Verfeuerung von festen Brennstoffen unmittelbar am Verbrauchsort ist. Diese Erkenntnis ist von ausschlaggebender Bedeutung für die volkswirtschaftliche Betrachtung der Elektrowärmefrage, zumal wenn man bedenkt, daß der größte Teil der in Deutschland verbrauchten elektrischen Energie aus minderwertiger Braunkohle oder Wasserkräften gewonnen wird.

Als besonders überzeugendes Beispiel sei auf den Vergleich der elektrischen Stumpfschweißung mit der Feuerschweißung hingewiesen. In Abb. 6 ist für verschiedene Schweißquerschnitte der Wärmeaufwand für Feuerschweißung in Vergleich gesetzt mit dem Wärmeaufwand bei der elektrischen Stumpfschweißung. Dabei wurde hier mit dem verhältnismäßig ungünstigen Wert von 7500 kg Kalorien zur Erzeugung einer kWh am Verbrauchsort gerechnet. Man erkennt, daß der Wärmeaufwand bei der Stumpfschweißung nur etwa halb so groß wie bei der Feuerschweißung ist, obwohl die Wärme gewissermaßen über den Umweg Kohle — Dampf — Elektrizität erzeugt wurde. Wenn hierbei noch der Zeitverbrauch berücksichtigt wird, der bei der Stumpfschweißung nur etwa 1/5 der Feuerschweißung ist, so ergeben sich sehr geringe Betriebskosten der elektrischen Stumpfschweißung.

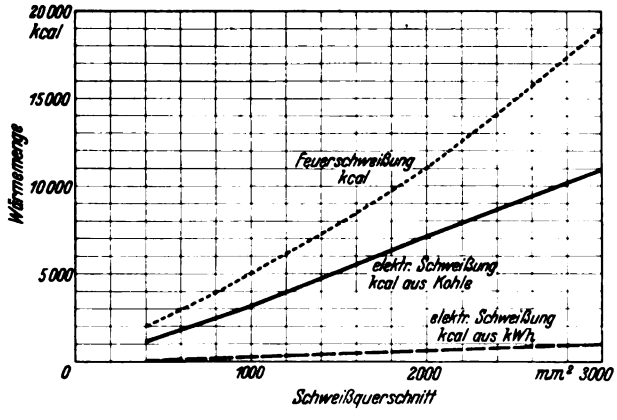


Abb. 6. Wärmeaufwand bei Feuerschweißung und elektrischer Stumpfschweißung.

Zur Berechnung desjenigen Strompreises, der die gleichen Wärmekosten wie ein Ofen anderer Heizungsart ergibt, benutzt man oft die sogenannte Äquivalenzzahl. Sie drückt aus, wieviel kWh nötig sind, um die Mengeneinheit eines anderen Brennstoffes, z. B. m³ Gas oder kg Kohle, zu ersetzen. Ohne Berücksichtigung der Wirkungsgrade ergibt sich z. B. für den Vergleich mit Leuchtgas eine Äquivalenzziffer zu 3600 : 860 = 4,2, d. h. wenn man nur den Wärmeinhalt der Einheitsmenge berücksichtigt, müßten 4,2 kWh aufgewandt werden, um 1 m³ Gas zu ersetzen, oder, mit anderen Worten, der Strompreis dürfte nur etwa ¼ des Gaspreises betragen. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse ganz anders, da in den meisten Fällen der Wirkungsgrad der elektrischen Geräte ein weit besserer ist. Als Beispiel sei auch hier wieder auf die Setzmaschinenheizung hingewiesen. Durch viele praktische Versuche wurde ermittelt, daß zum Verschmelzen der gleichen Menge Letternmetalls derselbe Verbrauch an kWh bei elektrischer Heizung wie in m³ Gas bei Gasheizung benötigt wird, d. h. der Wirkungsgrad der elektrischen Heizung ist etwa 4mal so gut wie derjenige der Gasheizung[13]). In diesem Falle also ist, selbst wenn nur die reinen Wärmekosten berücksichtigt werden, der Betrieb gleich teuer, wenn 1 kWh dasselbe kostet wie 1 m³ Gas. Diese wenigen Beispiele zeigen deutlich, daß eine Vergleichsrechnung nur möglich ist unter genauer Berücksichtigung der tatsächlich erzielbaren Betriebswirkungsgrade.

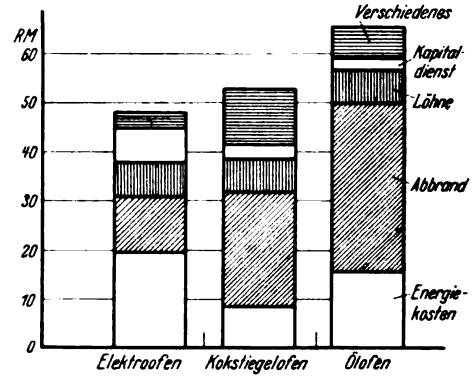


Abb. 7. Vergleich der Betriebskosten beim Schmelzen von 1 t Bronze.

Aber auch dies ergibt meist noch ein für die Elektrowärme zu ungünstiges Bild. Bei einer objektiven Vergleichsrechnung müssen vielmehr auch alle die oben gegenannten Nebenkosten volle Berücksichtigung finden. In wie hohem Maße oft die Nebenkosten das Bild der Betriebskosten verschieben, zeigt das in Abb. 7 wiedergegebene Beispiel eines Bronzeschmelzofens[14]). Beim Vergleich der reinen Wärmekosten würde der Elektroofen am ungünstigsten abschneiden. Der Einfluß des Abbrandes, der beim Elektroofen einen Mindestwert darstellt, ist jedoch so ausschlaggebend, daß sich schließlich die geringsten Betriebskosten beim Elektroofen ergeben. Hinzu kommt, daß der etwas höhere Wärmeaufwand aus heimischen Betriebsstoffen gedeckt wird, während der Abbrand der Bronze einen Verlust von Werkstoff bedeutet, der nur mit Devisenaufwand wieder herbeigeschafft werden kann.

Die Wirtschaftlichkeit einer Elektrowärmeanlage kann durch die verschiedensten Gesichtspunkte beeinflußt werden. Bei den oben erwähnten Porzellanbrennöfen z. B. spielt der Wegfall von Brennkapseln eine große Rolle. Bei elektrischen Vulkanisiereinrichtungen zum Vulkanisieren von Autoreifen ist es für Reparaturwerkstätten z. B. wichtig, daß das Elektrowärmegerät stets betriebsbereit ist und keiner langen Anheizzeiten bedarf, während der sonst übliche kohlegefeuerte Dampfkessel nur wirtschaftlich arbeiten kann, wenn die Anlage regelmäßig benutzt wird. Auch die Tatsache, daß eine brennstoffgefeuerte Vulkanisiereinrichtung nicht in jedem Raum aufgestellt werden kann und der Revision des Dampfkesselüberwachungsvereins unterliegt, kann für die Anschaffung einer elektrischen Anlage maßgebend sein.

Natürlich gibt es auch Fälle, bei denen die elektrische Heizung nur schwierig mit anderen Heizungsarten in Wettbewerb treten kann. Für elektrische Öfen zum Glühen,

[12]) Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 443.

[13]) Mörtzsch, Elektr.-Verwertg. (1932) S. 73.

[14]) Knoops, Elektrowärme 1 (1931) S. 12.

Digitized by Google

Härten und Vergüten gilt allgemein, daß der elektrische Ofen um so günstiger abschneidet, je geringer der Durchsatz des Ofens ist. Bei gegebenen Ofenverlusten steigt der spezifische Energieverbrauch bei sinkendem Durchsatz bei brennstoffgeheizten Öfen wesentlich stärker als bei Elektroöfen an.

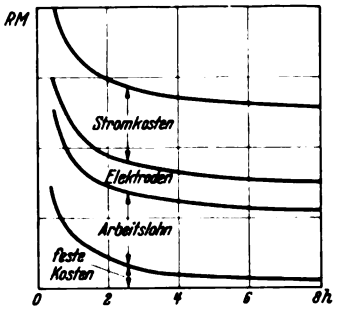


Abb. 8. Abhängigkeit der Schweißkosten für 1 m Schweißnaht von der Maschinenausnutzung.

Oft stehen die verhältnismäßig hohen Anlagekosten der wirtschaftlichen Anwendung der Elektrowärme im Wege. In der Tat ist der Anteil des Kapitaldienstes an den gesamten Betriebskosten bei geringerer Ausnutzung spezifisch höher. Abb. 8 zeigt z. B., wie die Kosten für 1 m Schweißnaht steigen bei geringer Benutzung der Maschine.

Voraussetzungen für die Wirtschaftlichkeit der Elektrowärmeanwendung sind:

Zweckmäßige konstruktive Durchbildung der Elektrowärmegeräte, richtige Planung der Elektrowärmeanlagen.

Man hat anfänglich vielfach die elektrische Heizung nur behelfsmäßig in Geräte anderer Heizungsart eingebaut. Erst in den letzten Jahren hat man erkannt, daß man den Eigenarten der elektrischen Heizung nur dann voll Rechnung tragen kann, wenn die Heizungseinrichtung und das Arbeitsgerät zu einem organischen Ganzen vereint sind[15]). Viele gute Sonderbauarten sind entstanden. Auf allen Gebieten der Elektrowärmetechnik sind hierdurch wesentliche Fortschritte erzielt worden. Oft genügt es nicht allein, die Heizkörperanordnung zu ändern; es mußten vielmehr häufig ganz neue Geräteformen durchgebildet werden. An einem Beispiel sei dies erläutert:

Abb. 9. Großkaffeebereiter mit Vorwärmer, Kochendwasserspeicher und Kaffeebrühmaschine mit Warmhaltung.

Für die Großkaffeebereitung in Cafés und Gaststätten verwendete man ursprünglich, in enger Anlehnung an die mit Gas geheizten Maschinen, sogenannte Druckfiltergeräte, bei denen durch Einbau eines Heizkörpers sehr hoher Leistung in einem Dampfkessel das für die Kaffeebereitung nötige Dampfwassergemisch erzeugt wurde. Der Betrieb dieser Maschinen war nicht sehr wirtschaftlich, auch neigten sie infolge der hohen Flächenbelastung der Heizkörper zu häufigen Störungen. Es kam hinzu, daß der verhältnismäßig hohe Anschlußwert sowohl vom elektrizitätswirtschaftlichen als auch vom installationstechnischen Standpunkt aus recht unerwünscht war.

Heute benutzt man das sogenannte Niederdruck-Brühfilterverfahren, wobei das zur Kaffeebereitung nötige Kochendwasser in einem besonderen Kochendwasserspeicher bereitet wird. Um den Anschlußwert niedriger zu halten, die Leistungsfähigkeit zu erhöhen und die Betriebskosten zu verringern, verwendet man zur Vorwärmung des Wassers bis auf 85 ° einen Nachtstromüberlaufspeicher, während in dem kleinen Kochendwasserspeicher mit selbsttätiger Kochpunktregelung dann das Wasser nur noch von 85 ° bis zum Siedepunkt erhitzt zu werden braucht (siehe Abb. 9). Hierdurch gelang es, den Anschlußwert etwa auf $^1/_3$ herabzusetzen[16]).

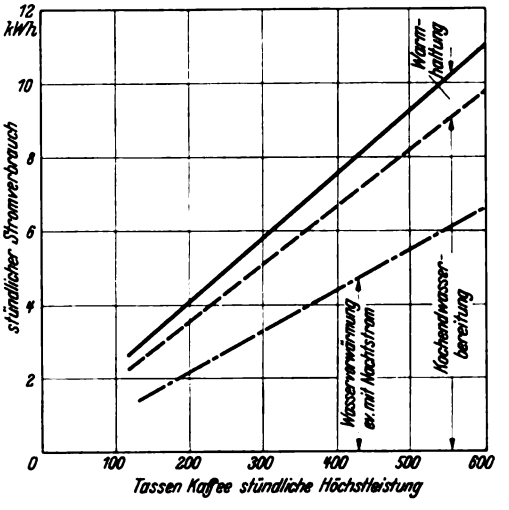
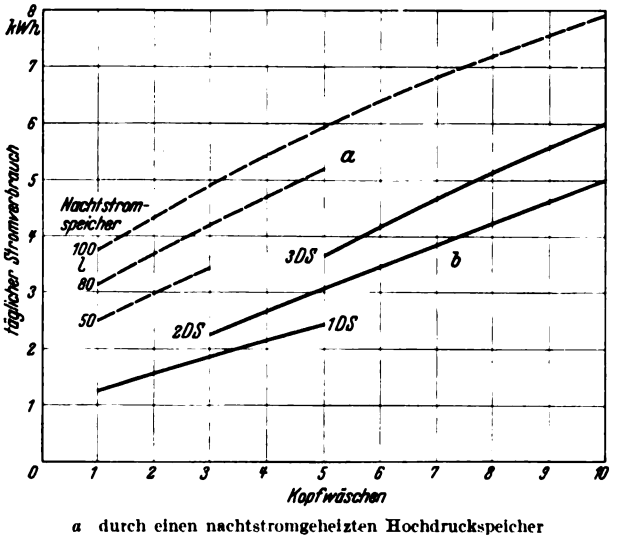


Abb. 10. Stromverbrauch von Großkaffeebereitern verschiedener Größe.

Wie Abb. 10 erkennen läßt, entfallen dann etwa 60 % des Stromverbrauchs in die Nachtstunden (billiger Nachtstrompreis).

Häufig sind Mißerfolge der Elektrowärmeanlagen aber auch auf unrichtige Planung zurückzuführen. Da der Betriebstechniker meist die Leistungsfähigkeit der neuen Elektrowärmegeräte unterschätzt, ist eine große Zahl von Elektrowärmeanlagen von vornherein zu groß entworfen worden. Die sich ergebende verhältnismäßig schlechte Ausnutzung der Anlage hat dann einen



a durch einen nachtstromgeheizten Hochdruckspeicher
b durch mehrere tagstromgeheizte Durchlaufspeicher

Abb. 11. Heißwasserversorgung eines Friseurgeschäftes.

[15]) ETZ 56 (1935) S. 981

[16]) Mörtzsch, ETZ 56 (1935) S. 206.

Digitized by Google

verhältnismäßig hohen spezifischen Stromverbrauch zur Folge. Am deutlichsten läßt sich dies ebenfalls wieder an einem Beispiel der Heißwasserbereitung erläutern, da gerade hier infolge der Speicherung des Wassers sich Fehler besonders stark auswirken.

In Friseurgeschäften schwankt der Wasserbedarf der einzelnen Wochentage in weiten Grenzen, oft wie 1 : 10. Wird nun ein nachtstromgeheizter Hochdruckspeicher aufgestellt, der von einer Stelle aus alle Heißwasserhähne versorgt, so muß er entsprechend dem Höchstbedarf, der meist Sonnabends eintritt, bemessen werden. Der Speicher ist dann die ganze Woche über schlecht ausgenutzt, und es ergibt sich, wie Abb. 11 zeigt, ein verhältnismäßig hoher Stromverbrauch. Wird dagegen für jede Zapfstelle ein besonderer kleiner tagstromgeheizter Durchlaufspeicher angebracht, so kann der Friseur durch Ab- und Zuschalten der einzelnen Speicher von Hand den Stromverbrauch den tatsächlichen Betriebsverhältnissen viel besser anpassen. Bei gleicher Zahl der Kopfwäschen ist der Stromverbrauch nur etwa halb so groß wie bei der zentralisierten Anlage, so daß selbst dann, wenn der Nachtstrom 5 Rpf, der Tagstrom 8 Rpf kostet, sich niedrigere Betriebskosten bei der dezentralisierten Anordnung ergeben.

4. Die elektrizitätswirtschaftliche Bedeutung der Elektrowärme.

Die große Bedeutung der Elektrowärme für die Elektrizitätswirtschaft und damit für die deutsche Volkswirtschaft ist von dem Führer der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und von anderen Seiten wiederholt nachdrücklich betont werden[17]), so daß hier nicht näher auf alle diese Fragen eingegangen zu werden braucht. Der Betrieb hat gezeigt, daß die meisten Elektrowärme-Verbraucher belastungstechnisch überaus günstige Verhältnisse aufweisen. Es ist allgemein bekannt, daß z. B. das elektrische Kochen ein wünschenswerter Lastausgleich für die durch Licht und Kraft hervorgerufene Belastung der Netze ist. Aber auch die verschiedenen industriellen Elektrowärme-Anwendungen zeichnen sich fast alle durch besonders hohe Benutzungsdauer aus[18]).

Die elektrischen Öfen geben durch ihre besonders weitgehende Anpassung an jeden Betriebsfall die Möglichkeit, sie für kürzere oder längere Zeit auszuschalten, ohne daß das Arbeitsgut darunter leidet. Somit kann die Elektrowärmeleistung während der sonstigen Hauptbelastung des Werkes abgeschaltet bzw. in Zeiten geringerer Belastung, gegebenenfalls in die Nacht, verlegt werden. Welche günstigen Auswirkungen dies auf den praktischen Fabrikbetrieb hat, zeigen die von Knoops ermittelten Zahlen [19]) in Zahlentafel 1 für Betriebe, die nachträglich Elektrowärmeanlagen errichteten.

Zahlentafel 1.

Werk	vorher		nachher	
	Stromverbrauch Mill kWh	Benutzungsdauer h	Stromverbrauch Mill kWh	Benutzungsdauer h
A	3,9	3900	6,1	4650
B	1,3	4700	2,3	5200
C	3,0	3100	4,1	3760
D	9,6	3870	14	4620

Es ergeben sich hier Verbesserungen der Benutzungsdauer von 10 bis 20 %.

Schließlich sei an einem noch näher liegenden Beispiel gezeigt, in wie hohem Maße die Elektrowärmeanlagen die Stromabnahmeverhältnisse verbessern können. Abb. 12 zeigt die Belastungsverhältnisse eines Bürohauses für 1500 Angestellte vor und nach Einführung der elektrischen Großküche im Kasino des betreffenden Gebäudes. Wie die Zahlentafel 2 zeigt, wurde hier ohne

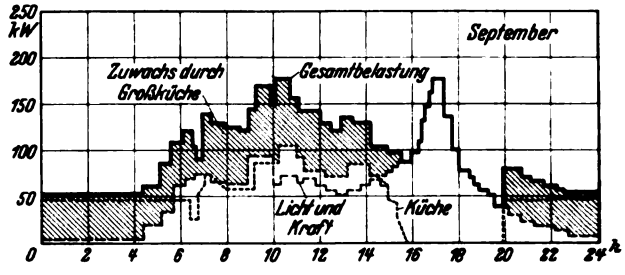


Abb. 12. Verbesserung der Belastungsverhältnisse eines Bürohauses durch Einbau einer Kasino-Großküche.

Berücksichtigung der Heißwasserspeicher bereits eine Verbesserung der Benutzungsstunden um fast 50 %, nach Hinzukommen der Heißwasserspeicher sogar eine Verbesserung um fast 100 % erreicht.

Zahlentafel 2.

	Stromverbrauch in 1000 kWh	Höchstlast kW	Benutzungsdauer h
Licht und Kraft . . .	250	200	1250
Küchen ohne Heißwasserspeicher . . .	150	100	1500
Heißwasserspeicher . .	130	40	3250
insgesamt ohne Heißwasserspeicher	400	215	1850
insgesamt mit Heißwasserspeicher	530	215	2450

Zusammenfassung.

Die besonderen Eigenheiten der Elektrowärme kommen besonders zur Geltung in Industrie und Gewerbe. An Hand von Beispielen wurde gezeigt, daß die elektrische Heizung vielfach wirtschaftlicher ist als andere Heizungsarten. Der Vorteil der leichten und genauen Schalt- und Regelbarkeit hat der Elektrowärme in erster Linie zur weiteren Verbreitung in Industrie und Gewerbe verholfen. Zweifellos werden den erfolgversprechenden Anfängen noch weitere große Fortschritte folgen, wenn noch mehr als bisher alle beteiligten Kreise zusammenarbeiten.

Schrifttum (Bücher).

Mörtzsch: Elektrowärme — ein Handbuch für Alle, Berlin: Verlag Dr. Selle-Eysler AG. 1935.

Masukowitz-Knoops: Elektrowärme, Berlin: Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung 1935.

Schulz: Elektrische Heizeinrichtungen für Industrie und Gewerbe, Frankfurt a. M.-Ginnheim: Selbstverlag W. Schulz 1936.

Paschkis, Elektro-Öfen für Weiterverarbeitung, Berlin: Verlag Julius Springer 1932.

Kratochwil: Elektrowärme-Verwertung, München: Verlag Oldenbourg 1927.

Russ: Die elektrische Warmbehandlung in der Industrie, München: Verlag Oldenbourg 1933.

Trinks: Industrieöfen, Berlin: VDI-Verlag 1928.

Anthes: Elektrisches Kochen und Heizen, Leipzig: Verlag Jaenecke 1931.

Mörtzsch: Elektrisches Kochen, Berlin: Verlag Julius Springer 1932.

[17]) Siehe Fußnote 12.
[18]) Siehe Fußnote 11.
[19]) Elektrowärme 6 (1936) S. 187.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Neue VDE-Sonderdrucke.

Sonderdrucke der folgenden neuen VDE-Arbeiten sind inzwischen erschienen und können von der Geschäftsstelle des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, zu den angegebenen Preisen bezogen werden:

VDE 0105 a/1936 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S." Änderungen, gültig ab 1. 7. 1936. Preis: 0,10 RM.

VDE 0119/1936 „Vorschriften für den Betrieb elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (B. u. T.)". Erstfassung, gültig ab 1. 7. 1936. Preis: 0,40 RM.

VDE 0166/1936 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben". Erstfassung, gültig ab 1. 7. 1936. Preis: 0,10 RM.

Außerdem ist die Arbeit

VDE 0414/1932 „Regeln für Wandler R.E.W."

nunmehr mit den Erklärungen und dem Anhang von 1933 „Bestimmungen über die Beglaubigung von Meßwandlern" als gemeinsamer Sonderdruck zum Preise von 0,60 RM lieferbar.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Fachversammlung

der Fachgruppe „Installationstechnik".
Fachgruppenleiter: Oberingenieur W. Hoeres VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr. W. Starck VDE am Dienstag, dem 22. September 1936, um 20 h in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301 über das Thema:

„Leuchtröhren-Installationstechnik und neuzeitliche Leuchtröhrenanlagen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
Vormals Elektrotechnischer Verein E.V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Bergisch-Land.

Herr Dr. Schmitz hielt am 19. 5. d. J. einen Vortrag über „Kurzschlußsichere Schaltanlagen unter Berücksichtigung der Hoch- und Niederspannungsanlagen". In neuzeitlichen Verteilungsnetzen sind die Kurzschlußleistungen sowohl auf der Hoch- als auch auf der Niederspannungsseite derart, daß mit normalen Schaltgeräten häufig nicht durchzukommen ist. Die Beherrschung der Kurzschlußleistung ist auf zwei Wegen möglich. Entweder müssen die Schaltgeräte derart gebaut sein, daß sie den höchsten Kurzschlußleistungen gewachsen sind, oder aber man vereinigt Schaltgeräte geringerer Leistung mit kurzschlußfesten Sicherungen. Die zweite Lösung ist betriebssicherer und wirtschaftlicher als die erste. Sie läuft darauf hinaus, zwei Aufgaben, die bislang von einem Gerät erfüllt wurden, wieder zu trennen und sie zwei Geräten zu übertragen. Die eine Aufgabe besteht in dem betriebsmäßigen Zu- und Abschalten sowie im Ausschalten bei gewissen Überlastungen. Die zweite Aufgabe ist der reine Kurzschlußschutz. Es wurde gezeigt, wie die Trennung dieser beiden Aufgaben sowohl auf dem Gebiete der Niederspannung als auch auf dem Gebiet der Hochspannung zu Bauarten führt, die unbedingt kurzschlußfest sind, dabei im Preis günstiger liegen als kurzschlußfeste Schaltgeräte. Der Bau von Leistungstrennschaltern ermöglicht es, diesen auf dem Gebiet der Niederspannung seit langem verwendeten Kurzschlußschutz auch auf das Gebiet der Hochspannungsanlagen sinngemäß zu übertragen. Ein ölloser Leistungstrennschalter wurde dann beschrieben, der mit Druckluft arbeitet, die aber beim Ausschaltvorgang erst erzeugt wird.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Zurückziehung einer Prüfzeichengenehmigung.

Die der Firma Beos Apparatebau, Everding-Gedig, Berlin, s. Z. erteilte Prüfzeichengenehmigung für

Bügeleisen 120 V und 220 V, 550 W, Type I
(Gen.-Nr. 996/1)

ist zurückgezogen worden.

Auf den Ablauf der Genehmigung wird hiermit besonders hingewiesen, weil dieselbe der Prüfstelle bisher nicht zurückgegeben worden ist.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann

Sitzungskalender.

VDE Gau Niederrhein, Rheydt. 24. 9. (Do), 20 h 15 m: „Zweckmäßige Beleuchtung der Betriebe, Allgemeinbeleuchtung, Platzbeleuchtung" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. H. Stöckel.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

J. Kollert. — Reg.-Rat Prof. i. R. Dr. Julius Kollert VDE vollendete am 27. 8. 1936 sein 80. Lebensjahr. Nach dem Studium, das er mit der Doktorprüfung an der Universität Leipzig abschloß, übernahm er ein Lehramt für Physik und Elektrotechnik an der Staatlichen Akademie Chemnitz, das er bis zum 1. 4. 1923 ausübte. Dr. Kollert, der 1898 zum Professor ernannt und 1892 Vorstand des Elektrischen Prüfamtes wurde, gehört zu jenen Lehrern der Chemnitzer Akademie, die an ihrem Aufstieg hervorragenden Anteil gehabt haben. Schon 1892 hatte er in Chemnitz ein Laboratorium für Starkstromtechnik eingerichtet. Zahlreiche fachwissenschaftliche Arbeiten aus

Digitized by Google

dem Grenzgebiet der Physik und der Elektrotechnik sowie einige Lehrbücher zeugen von seinen vielseitigen Interessen und seinem Können, das er als langjähriges Mitglied des VDE und Mitbegründer des Gaues Südsachsen auch stets gern in den Dienst der Gemeinschaftsarbeit gestellt hat.

Hochschulnachrichten. — Infolge seiner ständig steigenden Pflichten als Vorstandsmitglied der AEG hat sich Herr Baurat A. Rachel VDE genötigt gesehen, seine Honorarprofessur für Elektrizitätsversorgung an der T. H. Dresden mit dem Ablauf des Sommersemesters niederzulegen. Herr Prof. Rachel hat das Lehramt seit seiner Beauftragung im W.-S. 1929 innegehabt. — Herr Dr.-Ing. Wilhelm Stäblein VDE wurde zum ord. Prof. für Fernmeldeanlagen an der T. H. Berlin ernannt. Nach dem Studium arbeitete er als Assistent an der T. H. München und war danach bis zu seiner Berufung Leiter der Abteilung für Fernwirkanlagen und EW-Telephonie der AEG.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Transportable Rundfunkempfänger für Reise und Heim. Von A. Ehrismann. Deutsche Radio-Bücherei, Bd. 70. Ausführl. Bauanleitungen mit 12 Abb. u. 3 Bauplänen u. 20 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof. Preis geh. 1,50 RM.

Der Verf. unterscheidet zwischen Taschenempfängern, die die kleinsten Reisegeräte darstellen und nur Kopfhörerempfang geben, und Koffergeräten, die einen Lautsprecher enthalten. Als Stromquellen werden Taschenlampenbatterien empfohlen, sowohl zum Heizen wie für die Anode, oder das Lichtnetz unter Verwendung von „Allstromröhren". Das Büchlein zeigt an Hand einer kurzen Baubeschreibung, einer Prinzipschaltung und eines genauen Bauplanes, wie man einen Zwei-Röhren-Taschenempfänger und ein Drei-Röhren-Koffergerät baut, und kann jedem, der seinen Rundfunk auch auf der Reise nicht entbehren mag, sehr empfohlen werden.

Karl Mühlbrett VDE.

Annuaire 1935. Herausg. v. Syndicat professionnel des producteurs et distributeurs d'énergie électrique, Paris, 26, rue de la Baume. Mit zahlr. Abb. u. Plänen, LX u. 369 S. im Format 230 × 280 mm. Zu beziehen durch den Herausgeber.

Die Erzeuger und Verteiler elektrischen Stromes in Frankreich sind in dem „Syndicat des Producteurs & Distributeurs d'Énergie Électrique" zusammengeschlossen, das alljährlich ein Jahrbuch herausgibt, welches nicht nur über das Wirken dieser Vereinigung Auskunft gibt, sondern auch zugleich Zeugnis ablegt von der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Frankreichs. Einen breiten Raum in dem gut ausgestatteten Buch nehmen die Beschlüsse und Verordnungen des Arbeits- und Postministers ein, die diese im Laufe des Jahres erlassen haben. Das neue Elektrizitätswirtschaftsgesetz ist in dieser Auflage noch nicht enthalten. Die letzte Hälfte des Buches erhält Angaben über die dem Syndikat angehörenden Stromerzeuger und Verteiler. Der Leser erhält hier Auskunft über die Zusammensetzung der einzelnen Gesellschaften und deren Kapital, über die Anzahl der betriebenen Kraftwerke und die Länge der Hochspannungs- und Verteilungsleitungen und schließlich Angaben über die Anzahl der beschäftigten Arbeiter und Angestellten. 54 Karten, die den größeren Gesellschaften beigegeben sind, ergänzen den Text. Leider sind sie nicht nach einheitlichen Gesichtspunkten gezeichnet, so daß hierdurch dem Leser das Studium des Buches erschwert wird. Vielleicht ließe sich bei der Neuauflage diese Uneinheitlichkeit vermeiden. Das Buch, das jedem empfohlen werden kann, der sich mit der Elektrizitätswirtschaft Frankreichs befaßt, würde hierdurch sicherlich an Wert gewinnen.

H. Hasse VDE.

Schrumpfung geschweißter Stumpfnähte. Von R. Malisius. (Aus Theorie und Praxis der Elektroschweißung, H. 2.) Mit 9 Abb. u. 36 S. im Format B 6. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1936. Preis geh. 0,70 RM.

Die großen Vorteile, welche die Schweißung im Gerüst-, Brücken-, Fahrzeug- und Maschinenbau durch Ersparnisse an Zeit, Stoff und Gewicht bringt, haben ihr eine weite Anwendung gesichert. Als unangenehme Erscheinung wird aber noch das Auftreten von Schrumpfspannungen während des Abkühlens empfunden, das leicht ein Verziehen des Werkstücks hervorruft und ein Nachrichten notwendig macht.

In dem vorliegenden Heft behandelt der Verfasser die Schrumpfung bei Stumpfschweißung von Stäben und Blechen bei Gas- und Lichtbogenschweißung, erläutert die Ursachen hierfür und zeigt, wie man die Schrumpfung durch besondere Anordnungen wenn auch nicht ganz unterdrücken, so doch auf ein Mindestmaß beschränken und mit Hilfe einfacher Formeln vorausberechnen kann. Die zur Vereinfachung der Rechnung eingeführten Temperaturmittelwerte ermöglichen eine schnelle und übersichtliche Berechnung und lassen, wie die angeführten Beispiele beweisen, gute Übereinstimmungen der Rechnungswerte mit den Versuchsmessungen erzielen.

Nicht nur dem Schweißfachmann, sondern auch dem Entwurfsingenieur der genannten Fachrichtungen wird dieses Heft manche Hinweise und Anregungen bringen.

O. Zdralek VDE.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Guericke-Ausstellung. Führer durch die Sonderschau im Deutschen Museum: Der luftleere Raum in Naturwissenschaft und Technik. Von Dr. F. Fuchs. Mit 23 Abb. u. 47 S. im Format 135 × 190 mm. Deutsches Museum München 1936. Preis kart. 0,50 RM.

[Bis Mitte Oktober ist die Guericke-Ausstellung im Deutschen Museum noch geöffnet, durch die sich das obengenannte Heft als zuverlässiger Führer anbietet. An Hand guter Bilder erläutert der Verf. die Arbeiten Guerickes und die Weiterungen, die sich aus der Erforschung der Luftleere für Wissenschaft und Technik ergaben, so die atmosphärische Dampfmaschine, Rohrpost, Staubsauger usw., Vakuumdestillation, Glühlampe und elektrische Gasentladungen bis zu ihrer neuesten Anwendung im Fernseher. Eine Liste der Firmen, die neben Behörden und Archiven zur Ausstellung beitrugen, beschließt das Buch.]

Fernsehen in praktischen Versuchen. Unter Mitarbeit von G. Büscher, Studienrat W. Müller und Ing. H. Richter herausgeg. v. Hanns Günther. Lief. 2. Mit 22 S. in B 5 u. 49 Abb. Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart 1936. Preis geh. 1,20 RM.

Schweißen im Hebezeugbau. Von Richard Hänchen. 1. Maschinenteile der Hebezeuge. Mit 34 S. in B 6 u. 22 Abb. 2. Stahlkonstruktionen der Krane. Mit 35 S. in B 6 u. 31 Abb. (Heft 3 u. 4 „Aus Theorie und Praxis der Elektroschweißung"). Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1936. Preis je Heft 0,70 RM.

Berichtigung.

Gegen die Besprechung des Buches F. Bergtold, Röhrenbuch für Rundfunk- und Verstärkertechnik, in Heft 30 der ETZ d. J., S. 878, sind berechtigte Einwände erhoben worden. Wir werden auf die Angelegenheit in Kürze noch zurückkommen.

Wissenschaftliche Leitung der ETZ.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 11. September 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 24. September 1936 | Heft 39

Aus der Geschichte der elektrischen Zündung für Verbrennungsmotoren.

621. 366 (09) : 621. 43

Am 11. 11. 1886, vor 50 Jahren, begründete Robert Bosch in Stuttgart eine Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik, die im Laufe dieser 50 Jahre zu einem Großunternehmen von internationaler Bedeutung heranwuchs und hervorragend zur Hebung des Ansehens deutscher Arbeit im Ausland beigetragen hat. Die Robert Bosch AG. ist groß geworden durch die geschäftlichen und menschlichen Grundsätze ihres Schöpfers, Robert Bosch, der am 23. 9. seinen 75. Geburtstag feiert, gleichzeitig mit dem 50jährigen Firmenjubiläum. Wir wollen die Bedeutung dieses Mannes und seiner Lebensarbeit würdigen[1]), indem wir nachstehend über den Anteil des Hauses Bosch an der Entwicklung der elektrischen Zündung berichten.

Im gleichen Jahr, als Gottlieb Daimler und Carl Benz ihre ersten Kraftfahrzeuge geschaffen hatten, gründete Robert Bosch eine kleine Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik. An die Entwicklung des Kraftfahrzeuges hat Robert Bosch keinerlei Erwartungen geknüpft. Es war ein reiner Zufall, der im Jahre 1887, also 1 Jahr nach der Gründung der Werkstätte, zum Bau des ersten Bosch-Magnetzünders führte. Wie es kam, berichtet Robert Bosch selbst: „Damals, im Sommer des Jahres 1887, kam ein kleiner Maschinenbauer zu mir und fragte mich, ob ich ihm nicht einen Apparat bauen könnte, wie ihn die Gasmotorenfabrik Deutz an ihren Benzinmotoren verwende. Ein solcher Apparat sei in Schorndorf zu sehen. Ich fuhr dorthin und fand den niedergespannten Magnetapparat mit Abreißvorrichtung. Ich frug vorsichtshalber bei Deutz an, ob an dem Apparat etwas patentiert sei. Auf diese Frage erhielt ich keine Antwort. Auch sonst fand ich keine Anzeichen dafür, daß der Apparat patentiert sei, und ich baute somit den Apparat, den ich auch Gottlieb Daimler vorführte, der eben zu jener Zeit in Cannstatt den hochtourig genannten Explosionsmotor für ortsfeste Motoren baute. Nachdem ich den Apparat abgeliefert hatte, baute ich gleich noch drei weitere; sie wurden zu Versuchszwecken von den damals bestehenden Gasmotorenfabriken abgenommen, die die Absicht hatten, Benzinmotoren zu bauen."

Das Vorbild für den ersten Bosch-Zündapparat war also ein Magnetzünder, wie er von der Gasmotorenfabrik Deutz gebaut wurde. Dieser geht selbst wieder auf eine Zündungsart zurück, die Werner von Siemens zum Zünden von Minen entwickelt hatte. Im Feld eines permanenten Magneten wird eine geschlossene Wicklung bewegt. Der dabei entstehende Strom wird unterbrochen und der Unterbrechungslichtbogen zur Zündung benutzt. Mit dem verbesserten Deutz-Zündapparat (Abb. 1) hat Robert Bosch die Grundlage für die Entwicklung seines Werkes gelegt.

[1]) Vgl. a. S. 1126 dieses Heftes.

Im Kraftfahrzeug hatte sich damals neben der Batteriezündung die Glührohrzündung durchgesetzt und sich etwa ein Jahrzehnt als sicherste und einfachste Zündungsart behauptet. Ihr Nachteil war aber, daß durch die geringste Verunreinigung des Brennstoffes die feinen Öffnungen verstopft wurden und die Flamme erlosch, ebenso durch Sturm und Regen. Sehr störend waren auch die

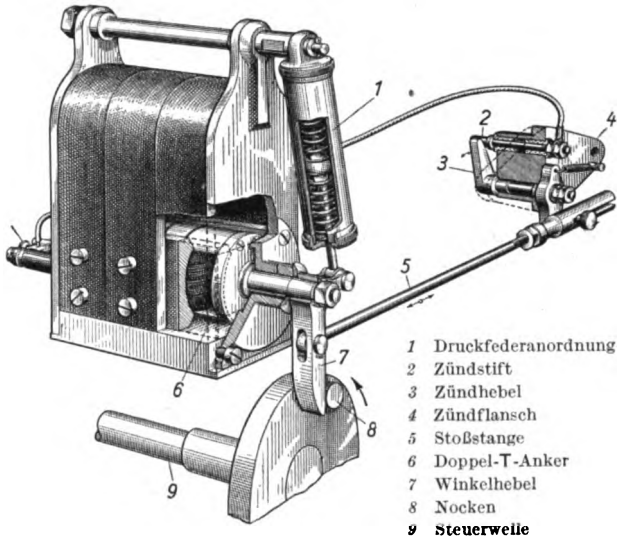


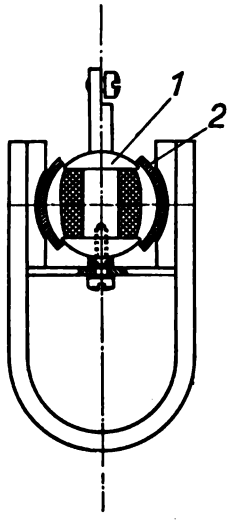
Abb. 1. Aufbau des ersten Bosch-Magnetzünders mit Zündflansch aus dem Jahr 1887.

langen Anheizzeiten und andere Schwierigkeiten. Das Bedürfnis nach einer betriebssicheren Zündung wurde daher immer stärker. 1895 baute Robert Bosch zum erstenmal einen Niederspannungs-Magnetzünder in ein Kraftfahrzeug als Ersatz für die zuerst verwendete Batteriezündung. Ein Jahr darauf wurden Versuche mit elektrischer Zündung an einem Zweirad gemacht, die jedoch erfolglos verliefen. 1897 gelang es, durch die Verwendung einer als Kraftlinien-Leitstück wirkenden pendelnden Hülse (Abb. 2) und durch die Ausbildung eines besonderen Abreißgestänges eine neuartige Lösung zu finden, die es nun ermöglichte, erfolgreich in das Kraftfahrzeug einzudringen. Weitere Fortschritte wurden um die Jahrhundertwende durch Verwendung einer umlaufenden Hülse und des umlaufenden Ankers erzielt. Ihre erste Feuerprobe bestand die Bosch-Magnetzündung in dem 1901 geschaffenen Mercedes-Wagen, der 1901 in zahlreichen Rennen den Sieg davontrug. In der Folgezeit wurde die Glührohrzündung durch die Magnetzündung verdrängt.

Ein neuer bedeutsamer Abschnitt in der Entwicklung der Zündung ist die Entwicklung der Hochspannungs-Magnetzündung. 1900 hat man sich im Hause Bosch zum

Digitized by Google

erstenmal mit der Entwicklung einer Hochspannungs-Magnetzündung beschäftigt, die aus einem Niederspannungs-Magnetzünder und einer getrennt angeordneten Spule bestand. 1901 wurde dann von Gottlob Honold eine Zündung geschaffen, die entscheidend für die Entwicklung der heutigen Zündung im Kraftfahrzeug geworden ist. Das Wesentliche dieser Zündung war, daß ein Doppel-T-Anker mit wenigen Lagen dicken Drahtes und möglichst vielen Windungen sehr dünnen Drahtes bewickelt und mit einem Unterbrecher mit parallelgeschaltetem Kondensator ausgerüstet war. Durch Unterbrechung der kurzgeschlossenen Primärwicklung entsteht in der Sekundärwicklung eine so hohe Spannung, daß sich zwischen den zwei Elektroden der Zündkerze, die an den Enden der in Reihe geschalteten Wicklungen liegen, ein Überschlag und ein Lichtbogen bilden. Die mit einfachsten Mitteln durchgeführten Versuche hatten gezeigt, daß mit Beginn der Unterbrechung ein Hochspannungsfunke entsteht, der einen scharf umgrenzten Kern hat und dem ein Lichtbogen als Funkenschwanz folgt, daher die ursprüngliche Bezeichnung „Lichtbogenzündung". Da man über die Zündvorgänge im Motor in Fachkreisen so gut wie nichts wußte, wandte man gegen die Zündung ein, daß ihr kleiner Zündfunke nicht dieselbe starke Zündwirkung besitzen könne, wie der wesentlich stärker scheinende Zündfunke der Abreißzündung. Es konnte jedoch leicht nachgewiesen werden, daß gerade das Gegenteil der Fall war und die Zündwirkung der Hochspannungszündung der Niederspannungszündung wesentlich überlegen war. Zunächst führte sich die Hochspannungszündung nur langsam ein. Erst als der Sieg im französischen Grand Prix 1906 einem mit Bosch-Hochspannungs-Magnetzünder ausgerüsteten Wagen zufiel, wurde von den Motorenbauern fast mit einem Schlage nur mehr die Hochspannungs-Magnetzündung verwendet. In der Zwischenzeit war es Honold auch gelungen, durch die Entwicklung einer Magnetkerze auf das Gestänge der Niederspannungszündung zu verzichten. Angesichts der Entwicklung der Hochspannungszündung konnte sich jedoch die Magnetkerze nur in begrenztem Maße durchsetzen, hat aber besonders für ortsfeste Motoren noch zahlreiche Anhänger gefunden.



1 feststehender Anker mit Wicklung
2 pendelnde Hülse

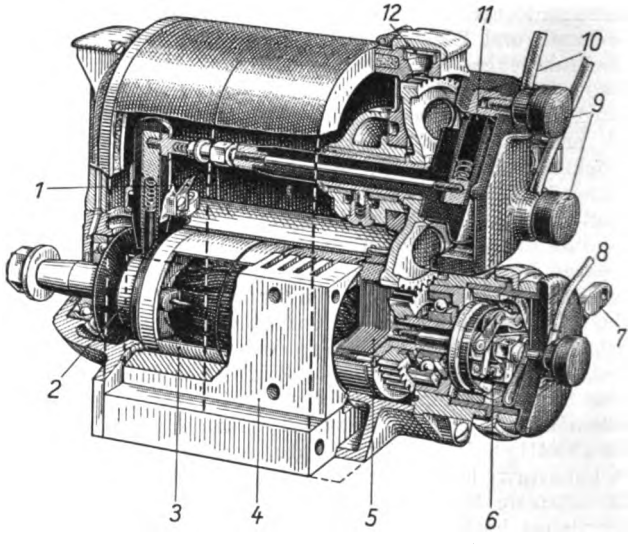
Abb. 2. Aufbau eines Bosch-Niederspannungs-Magnetzünders mit pendelnder Hülse, 1897.

Die Entwicklung, die der Schaffung des Hochspannungs-Magnetzünders folgte, war in der Hauptsache darauf gerichtet, für alle Betriebszwecke geeignete Bauarten zu schaffen. Schon damals mußte der vielseitigen Entwicklung und den Bedürfnissen der Motorentechnik Rechnung getragen werden. Eine umfangreiche Entwicklungsarbeit mußte der Herstellung von zuverlässigen und betriebssicheren Unterbrechern gewidmet werden, die von Anfang an das Herzstück des Magnetzünders bildeten.

Mit der Zunahme des Automobilismus mußte die Aufgabe der Zündung auch auf die Erleichterung des Anlaßvorganges ausgedehnt werden. Um den Anlaßvorgang zu erleichtern, baute Bosch von 1906 an Apparate für Doppelzündung mit zwei getrennten Unterbrechern, einen für Batterie- und den andern für den Magnetstromkreis, die durch einen Hebel an der als Umschalter ausgebildeten Batteriezündspule nach Bedarf eingeschaltet werden konnten. 1908 gelang es, die Leistung bei den damals weit verbreiteten Hammerkopfmotoren durch eine Zweifunkenzündung (Zwillingszündung) wesentlich zu verbessern. Auch der neu aufkommenden Flugtechnik mußte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Waren die ersten Flugzeuge in der Zündung noch behelfsmäßig ausgerüstet, so erwies es sich immer mehr als notwendig, die Flugmotorenzündung planmäßig zu pflegen. 1910 wurden die ersten Flugmotorenzünder geschaffen. In der gleichen Zeit wurden Magnetzünder auf neuer Baugrundlage entwickelt. Der Magnetzünder wurde zu einer geschlossenen Einheit ausgebildet (Abb. 3), so daß er nach außen gegen Staub und Spritzwasser völlig unempfindlich war. Eine Reihe von Magnetzünder-Bauarten, auf dieser Grundlage entwickelt, bildete das Herstellungsprogramm bis nach dem Weltkrieg.

Bis zum Ausbruch des Weltkrieges hatte die Firma Bosch nahezu 2 Mill Magnetzünder hergestellt. 88 % der Erzeugung ging ins Ausland, und der überwiegende Teil aller damals vorhandenen Motoren hatte Bosch-Zündung. Der Weltkrieg hat die Entwicklung der Zündung vorübergehend gehemmt, weil die Notwendigkeit der Landesverteidigung solche Aufgaben völlig in den Hintergrund drängte. Als der Krieg zu Ende war, hatten sich die Verhältnisse auf dem Gebiet des Motorenbaus stark gewandelt.

In den V. S. Amerika hatte sich die Batteriezündung während der Kriegsjahre immer mehr durchgesetzt. Für die Aufladung der Batterie im Fahrbetrieb war durch den Einbau von Lichtmaschinen gesorgt. Trotz aller anfänglichen Unvollkommenheiten siegte die Batteriezündung beim Personenkraftwagen, weil sie in der Herstellung einfacher und daher billiger war. Die Batteriezündung unterscheidet sich von der Magnetzündung dadurch, daß der Primärstrom dem Stromnetz des Fahrzeuges entnommen wird. Die Hochspannung wird in ähnlicher Weise erzeugt wie beim Magnetzünder, und zwar wird der Strom, der in der Primärwicklung ein magnetisches Feld aufbaut, durch einen mechanisch gesteuerten Unterbrecher unterbrochen. Dadurch bricht das Feld zusammen, und durch sein Verschwinden entsteht in der Sekundärwicklung die



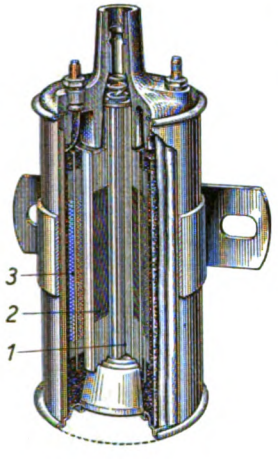
1	Sicherheits-Funkenstrecke	*7*	Verstellhebel
2	Schleifring	*8*	zum Zündschalter
3	Anker	*9*	Kabelanschlüsse zu den Kerzen
4	Polschuh	*10*	Verteilerscheibe
5	Kondensator	*11*	Verteilerschleifkohle
6	Unterbrecher-Kontakte	*12*	Einstellfenster

Abb. 3. Ausbildung des Bosch-Hochspannungs-Magnetzünders zu einer geschlossenen Einheit, 1910.

Hochspannung. Den veränderten Verhältnissen galt es sich anzupassen durch Weiterentwicklung auch der Batteriezündung, die heute im Personenwagen eine beherrschende Rolle spielt. Das Hauptaugenmerk war dabei auf die Verhütung der allzu starken Erwärmung der Zündspule zu richten und auf den Ausgleich des Absinkens der Span-

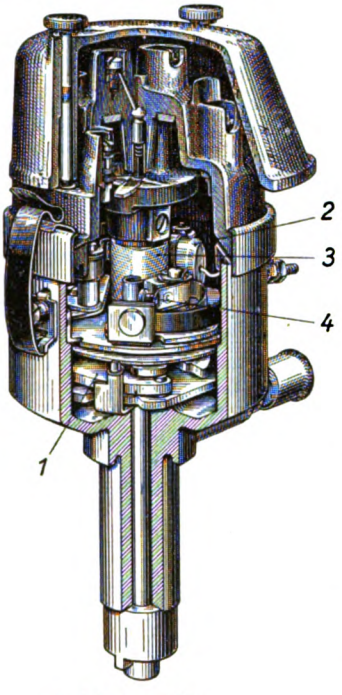
Digitized by Google

nung beim Einschalten des elektrischen Anlassers, besonders bei Kälte. Das Verhalten der Unterbrecherkontakte führte zu einer planmäßigen Erforschung der Kontaktstoffe. Vor allem führte das nicht leitende Oxyd des für die Batteriezündung am besten geeigneten Wolframkontaktes zu Aussetzern und Anlaßschwierigkeiten. Auf Grund ausgedehnter Versuche und Kundenerfahrungen kam man zu dem Ergebnis, daß eine gewisse Größe des Unterbrecherstromes nicht überschritten werden darf, ganz abgesehen davon, daß man äußerste Vorsicht in der Auswahl der Reinheit und der Beschaffenheit der Kontaktstoffe üben mußte. Nachdem man so im Strom begrenzt war, mußte man danach trachten, eine hohe Leistung der Batteriezündung durch Erhöhung des Zündspulen-Wirkungsgrades zu erzielen. Dies führte immer wieder zu besseren Lösungen des Zündspulenaufbaus (Abb. 4 a). Für den Zündverteiler (Abb. 4 b) galt es, billigere Unterbrecher und besonders billige, feuchtigkeitssichere Kondensatoren großer Kapazität und kleiner Abmessungen zu schaffen und der Zündverstellung besondere Aufmerksamkeit zu schenken.



1 Eisenkern
2 Sekundärwicklung
3 Primärwicklung

Abb. 4 a. Aufbau einer neueren Bosch-Zündspule.

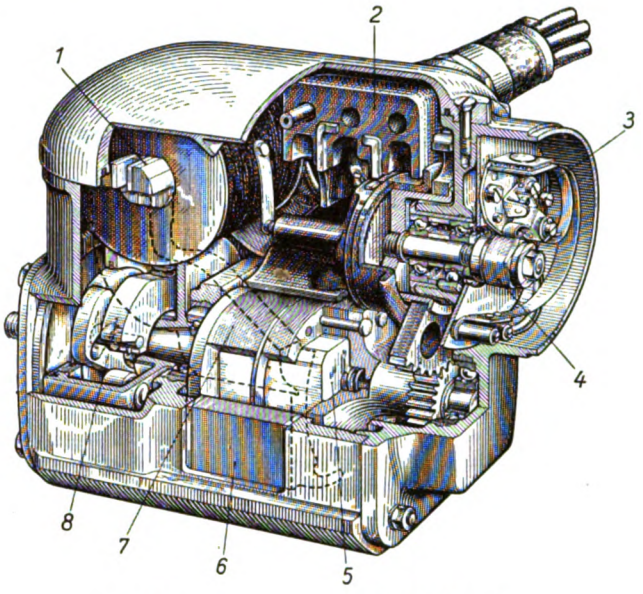


1 Selbstversteller
2 Kondensator
3 Unterbrecher-Nocken
4 Unterbrecher-Kontakte

Abb. 4 b. Aufbau eines neueren Bosch-Zündverteilers.

War so die Entwicklung der Batteriezündung zu einer bedeutenden Aufgabe geworden, so erforderte parallel dazu die Weiterentwicklung der Motorentechnik auch weiterhin die Fortentwicklung des Magnetzünders. Das Flugmotorengebiet, die Lastwagen- und Omnibusmotoren, der Schlepper bescherten dem Zünderbauer eine außerordentliche Fülle von Aufgaben, die zu teils völlig neuen Lösungen führten. Hohe Drehzahlen, Widerstandsfähigkeit gegen rauhen Betrieb, Wartungslosigkeit, große Schlagweiten, Staubsicherheit, kleinste Abmessungen, gute Anwurfdrehzahlen, Spritzwassersicherheit — das waren die Forderungen, die bei den einzelnen Zünderbauarten mehr oder weniger zu erfüllen waren. So zwang die zunehmende Beanspruchung des Zünderläufers bei Flugmotoren durch Drehschwingungen erstmals dazu, von der bewährten Bauart des Magnetzünders mit umlaufender Wicklung oder Umlaufhülse abzugehen und neue Wege zu beschreiten. Die elektrische Verstellung als Ersatz der Selbstverstellung erlangte immer mehr Bedeutung. Im Omnibusbetrieb wurden neue Magnetzünder mit umlaufendem Kobaltstahlmagnet und feststehender Wicklung und einem senkrecht zur Zünderachse stehenden über Schraubenräder angetriebenen Verteiler eingesetzt. Für das Schleppergebiet wurden Zünder entwickelt mit völlig staubsicherem geschlossenen Aufbau.

Der in den letzten Jahren neu aufgetretenen Leistungssteigerung konnte Rechnung getragen werden durch neue Bauarten (Abb. 5) und Bauteile, so durch Einführung des Alni-Magnetstahls, der gegenüber dem für die alten Bügel



1 Anker
2 Verteilerscheibe
3 Unterbrecher-Kontakte
4 Unterbrecher-Nocken
5 Alni-Magnet
6 Polschuh
7 Läufer
8 Selbstversteller

Abb. 5. Neuere Bauart eines Bosch-Magnetzünders für schweren Betrieb und sehr hohe Zündleistung.

verwendeten Chromstahl ein Vielfaches an Leistung aufweist und sogar gegenüber Kobaltstahl noch wesentlich im Vorteil ist. Für Fahrzeuge in Verwendungsgebieten, wo man mangels Zutrauens zur Batterie den Zündverteiler durch einen Magnetzünder ersetzen will, wurden Steuerwellen-Magnetzünder entwickelt, die wiederum unter Verwendung von Alni-Stahl und neuartigen Wicklungen und mit eingebautem Antriebsversteller eine besonders hohe Zündleistung ergeben. Für das Flugmotorengebiet ist die Entstörung heute besonders bedeutungsvoll geworden. Zu diesem Zweck mußten besondere Kabelanschlüsse, Kapselungen der Zünder, Kerzen und Zündleitungen entwickelt werden.

Auch auf dem Gebiet der Zündkerzen hat die Firma Bosch von Anfang an Pionierarbeit geleistet. Aus dem früher rein handwerklichen Herstellungsverfahren hat sich heute ein Gebiet mit bedeutenden Forschungsaufgaben entwickelt. Hier galt es vor allem Isolierstoffe zu schaffen, die den steigenden Anforderungen an die Zündkerzen als Folge der steigenden Ausnutzung des Verbrennungsmotors Rechnung tragen konnten. Bei den Kerzensteinen sind die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften sehr vielseitig. Notwendig sind mechanische Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die mit jedem Kolbenhub stark schwankenden Temperaturen, weiter sind notwendig: hohe elektrische Durchschlagfestigkeit, geringe Oberflächenleitfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die bei den hohen Verbrennungstemperaturen chemisch sehr aktiven Brennstoffzusätze. Auf diesem Gebiet hat die Firma verschiedene wertvolle Stoffentwicklungen durchgeführt, als deren letzte zur Zeit der Stribit-Stein angesprochen werden kann.

Die Firma Bosch, die sich zunächst hauptsächlich der Entwicklung der Zündung gewidmet hat, ist später in ihrem Fabrikationsprogramm weit über das Gebiet der Zündung hinausgewachsen, wie wir dies ähnlich auch bei

Digitized by Google

anderen großen Firmen beobachten können, die unter wesensgleichen Verhältnissen entstanden. Diese Ausdehnung erstreckte sich zuerst auf weitere Kraftfahrzeugteile. Schon vor dem Weltkrieg wurde die Herstellung von Ölern, Scheinwerfern, Lichtmaschinen und Anlassern aufgenommen, nach dem Kriege wurden auch Hörner, Radlichtanlagen, Wischer, Winker und Servo-Geräte (Bremsen usw.), Batterien und Fahrgestell- und Motorenteile erzeugt. Als bedeutsamsten Schritt im letzten Jahrzehnt kann man die Schaffung der Bosch-Einspritzpumpen und -düsen ansehen, die es ermöglicht hat, den Dieselmotor im Kraftfahrzeugbetrieb in dem heutigen Umfange einzuführen. Um sein Werk krisenfester zu machen, wandte sich Robert Bosch noch der Herstellung elektrischer Geräte zu, die nichts mit dem Kraftwagen zu tun haben: Elektrowerkzeuge, elektrische Kühlschränke, Plattenspieler, Wiedergabegeräte für Schmalfilm und Rundfunkteile.

Schi

Zur Frage der Erdung von Freileitungsmasten im Hinblick auf Gewittereinwirkungen.

(Mitteilung aus den Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen.)

Von **H. Grünewald** VDE und **H. Zaduk** VDE, Berlin.

(Schluß von S. 1082.)

621. 316. 99 : 621. 315. 1

Oberflächenerder. Als Oberflächenerder werden solche Erder bezeichnet, bei denen lange Metallbänder oder -seile in mäßiger Tiefe (0,5 bis 1 m) verlegt werden. Man unterscheidet zweckmäßig zwei Gruppen, nämlich Strahlenerder (meist auch Banderder genannt) und Bodenseile. Strahlenerder sind alle Oberflächenerder, bei denen vom Mastfuß entweder ein Strahl oder meist mehrere Strahlen ausgehen, die nicht bis zu den Nachbarmasten reichen. Die Bezeichnung Strahlenerder soll auch gelten, wenn die freien Enden der Strahlen untereinander durch Leiter verbunden werden und so ein Maschennetz entsteht. Das Wort „Bodenseil" ist 1928 von Schwenkhagen in Anlehnung an das Wort „Erdseil" geprägt worden und sollte eine im Boden verlegte metallische Verbindung mehrerer Masten untereinander bedeuten. Im Gegensatz zum Strahlenerder sei deshalb unter einem Bodenseil ein vom Mastfuß nach einer Seite oder auch nach zwei Seiten ausgehendes Seil oder Band großer Länge verstanden, das mehrere Mastfüße miteinander verbindet. Bisher ist eine solch strenge Unterscheidung noch nicht vorgenommen worden, sie ist aber notwendig, um Mißverständnisse, besonders auch mit dem ausländischen Sprachgebrauch, zu vermeiden, der beide Erderarten unter Anlehnung an die Bezeichnungen der Hochfrequenztechnik als „Gegengewichte" (counterpoises) bezeichnet.

Bei den Strahlenerdern muß man praktisch zwei Arten unterscheiden, nämlich solche mit kleiner Strahllänge (etwa bis zu 15 oder 20 m je Strahl), die man noch als Erder geringer räumlicher Ausdehnung ansehen und deren mit der Brücke gemessener Ableitungswiderstand annähernd auch als der bei Stoß wirksame Widerstand eingesetzt werden kann. Die andere Art sind die Strahlenerder mit größerer Einzelstrahllänge, deren beim Stoßstromdurchgang wirksamer Widerstand erheblich größer als der Ableitungswiderstand ist, weil jetzt die vom Mastfuß weiter entfernten Teile der Strahlen nicht sofort an der Ableitung des Stromes teilnehmen, sondern erst dann wirksam werden, wenn die vom Mastfuß ausgehenden Wanderwellen diese Stellen erreicht haben. Bei diesen Oberflächenerdern großer Strahllänge ist also anfangs ein wesentlich höherer Widerstand[15]) maßgebend, der dann in einigen Mikrosekunden auf den Wert des Ableitungswiderstandes absinkt. Wie rasch der Endwert erreicht wird, hängt hauptsächlich von der Leitfähigkeit des Erdbodens ab. Je besser sie ist, desto schneller sinkt der Widerstand ab.

Die Eingrabtiefe hat auf den Ableitungswiderstand von Strahlenerdern nur geringen Einfluß. Sie sollen aber so tief verlegt werden, daß eine Widerstandserhöhung durch Austrocknen oder Einfrieren des Bodens auf alle Fälle vermieden wird[16]). Der Ableitungswiderstand eines Strahlenerders hängt hauptsächlich von seiner Länge ab. Mißt man bei der Verlegung den Erdübergangswiderstand mit der Meßbrücke, so nimmt der Wert mit zunehmender Strahllänge zunächst rasch ab. Von etwa 50 m ab bringt eine weitere Vergrößerung der Länge keine erhebliche Widerstandsabnahme mehr. Es hat also keinen Zweck und ist unwirtschaftlich, mit der Strahllänge über diese Grenze zu gehen.

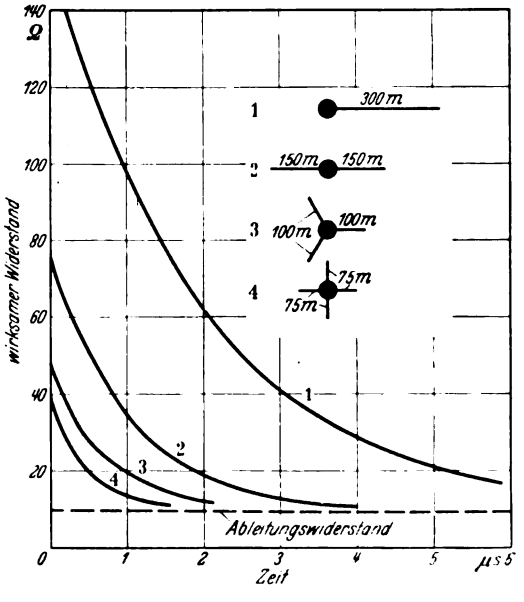


Abb. 4. Zeitlicher Verlauf des wirksamen Widerstandes eines Ein- (1), Zwei- (2), Drei- (3) und Vierstrahlerders (4) von gleicher Gesamtlänge (300 m).

Nach der Zahl der vom Mastfuß ausgehenden Strahlen unterscheidet man Einstrahl-, Zweistrahl-, Dreistrahl-, Vierstrahlerder usw. Beim Zweistrahlerder sind die beiden Strahlen um 180 °, beim Vierstrahlerder um 90 ° versetzt.

Der anfangs wirksame Widerstand eines Strahlenerders hängt nur von der Zahl der abgehenden Strahlen und nicht von deren Länge ab. Er liegt beim Einstrahlerder in der Größenordnung von 120 bis 150 Ω. Beim Zweistrahlerder ist er gleich der Hälfte und beim Vierstrahlerder gleich ein Viertel dieses Wertes. Es ist also zweckmäßig, eine gegebene Gesamtlänge in möglichst viele Strahlen aufzuteilen, um auf einen kleinen Anfangswiderstand zu kommen. Allerdings ist dadurch eine Grenze gesetzt, daß sich die Strahlen, wenn sie zu nahe beieinanderliegen, gegenseitig störend beeinflussen und der Gütegrad der Erdung abnimmt. Der Vierstrahlerder dürfte wohl die zweckmäßigste Anordnung darstellen, worauf A. Matthias im Kreise der Studiengesellschaft bereits im Jahre 1932 hingewiesen hat.

[15]) Die dafür üblichen Bezeichnungen Wellenwiderstand und Scheinwiderstand sollen hier vermieden werden, da sie nicht ganz eindeutig sind.

[16]) K. A. Henney, Diss. Techn. Hochsch. Berlin 1935.

Digitized by Google

Sehr anschaulich ist dies in Abb. 4 dargestellt, die einer amerikanischen Veröffentlichung[17]) entstammt[18]). Die Kurven zeigen die zeitliche Abnahme des wirksamen Widerstandswertes für einen Einstrahl- (*1*), Zweistrahl- (*2*), Dreistrahl- (*3*) und Vierstrahlerder (*4*), wobei für alle die insgesamt verlegte Strahllänge gleich ist (300 m). Der Ableitungswiderstand ist ebenfalls für alle gleich groß und mit der Brücke zu 10 Ω gemessen worden. Die Abbildung zeigt auch sehr schön, wie der Widerstandswert mit Zunahme der Strahlzahl und Abnahme der Strahllänge schneller absinkt.

Die erforderliche Länge der Strahlen hängt von dem zu erreichenden Ableitungswiderstand ab. Sie ist in schlechtleitendem Boden größer als bei guter Leitfähigkeit. Vielfach werden die Strahlen noch mit Rohrerdern verbunden, die möglichst tief reichen sollen. Sie verringern den Ableitungswiderstand und können auch die Widerstandsverschlechterung beim Austrocknen der oberen Bodenschichten im Sommer etwas ausgleichen, besonders wenn sie ins Grundwasser reichen. Die Rohre werden bei langen Strahlen zweckmäßig nicht an ihrem Ende sondern in höchstens 5 bis 10 m Abstand vom Mast eingeschlagen. Werden an einem Strahl mehrere Rohre vorgesehen, so müssen sie selbstverständlich ausreichende Abstände haben, damit sie sich nicht gegenseitig störend beeinflussen.

Ein Strahlenerder mit kurzen Strahlen (10 bis 20 m) kann, wie erwähnt, noch als räumlich nicht ausgedehnter Erder angesehen werden. Erreicht man mit einem solchen Strahlenerder einen ausreichend niedrigen Ableitungswiderstand, so spielt die Strahllänge keine Rolle. Ein solcher Erder mit kurzen Strahlen darf also keineswegs als „schädlich" bezeichnet werden, wie es kürzlich in fälschlicher Auslegung amerikanischer Arbeiten behauptet wurde[19]). Selbstverständlich ist ein kurzer Strahlenerder in Böden schlechter Leitfähigkeit wegen seines zu geringen Ableitungswiderstandes nicht wirksam genug. Bei langen Strahlen darf dagegen, wie dargelegt, auf keinen Fall übersehen werden, daß zuerst nicht der mit der Brücke meßbare Ableitungswiderstand, sondern ein höherer Anfangswiderstand wirksam ist.

Das Bodenseil ist, vom Standpunkt der Gewittereinwirkungen gesehen, eigentlich nichts anderes als ein Zweistrahlerder mit sehr langen Strahlen. Es gilt also hinsichtlich seines bei Stoßströmen wirksamen Widerstandes dasselbe, was bei den Strahlenerdern großer Länge dargelegt worden ist. Gegenüber einem Vierstrahlerder hat ein durchgehendes Bodenseil gleicher Gesamtlänge den Nachteil, daß sein im ersten Augenblick wirksamer Widerstand doppelt so hoch ist (s. Abb. 4). Ob man in einem gegebenen Fall ein durchgehendes Bodenseil oder einen Mehrstrahlerder verlegt, wird hauptsächlich von den örtlichen Verhältnissen abhängen. Führt die Leitung durch Ödland oder Wald, so ist es meist ohne weiteres möglich, von jedem Mast aus mehrere Strahlen bis zu 20, 30 oder 50 m Länge zu verlegen. Bei 200 m Spannweite ist der Seil- oder Bandaufwand je Mast erst bei einem Vierstrahlerder von je 50 m Länge oder einem Fünfstrahlerder von je 40 m Strahllänge so groß wie bei einem durchlaufenden Bodenseil. Dagegen kann bei Leitungen längs Straßen oder Bahnkörpern, durch bebautes Gelände oder Kulturland die Anlage von Strahlenerdern unmöglich und ein Bodenseil leichter verlegbar sein.

Zu einer Oberflächenerde großer Ausdehnung wird man meist greifen, wenn die Anlage von Rohrerdern keinen Zweck hat, sei es, daß der Untergrund zu felsig ist oder daß Erdschichten besserer Leitfähigkeit erst in sehr großer Tiefe angetroffen werden. Unter solchen Bedingungen sind immer große Gesamtlängen erforderlich, um einigermaßen brauchbare Widerstandswerte zu erhalten. Maßgebend für den Widerstand der Anordnung ist dann stets der Anfangswiderstand und nicht der Ableitungswiderstand. Um beurteilen zu können, ob in einem gegebenen Fall die erzielbare Verbesserung des Masterdungswiderstandes für einen vollkommenen Schutz gegen rückwärtige Überschläge ausreicht, müßte man den Verlauf des Blitzstromes im Mast und des wirksamen Widerstandes der Gesamterdung (Mastfuß + Oberflächenerde) in den ersten Mikrosekunden und die Kennlinie der Überschlagverzögerung (Stoßkennlinie) der Leitungsisolation[20]) kennen. Dann müßte die aus Stoßstrom- und Widerstandskurve errechenbare Kurve der Stoßspannung des Mastkopfes durchweg unter der Stoßkennlinie liegen, wie dies in Abb. 5 grundsätzlich dar-

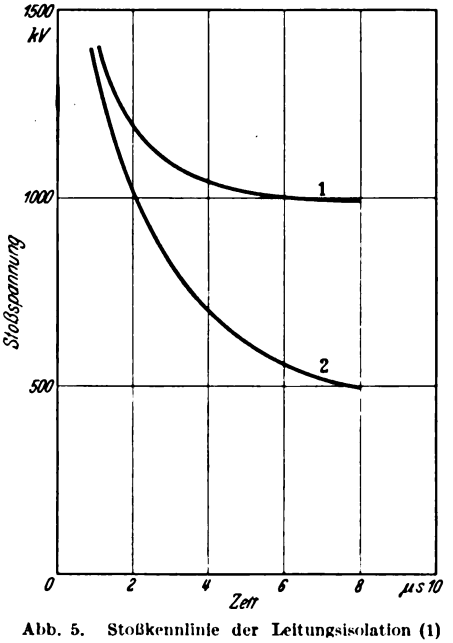


Abb. 5. Stoßkennlinie der Leitungsisolation (1) und Verlauf der Stoßspannung des Mastkopfes bei durchgehendem Bodenseil (2). (Grundsätzliche Darstellung.)

gestellt ist. Da im allgemeinen die Unterlagen für diese Kurven fehlen, ist unter bestimmten Annahmen in den Kurven 1 bis 4 der Abb. 6 für Mastfußwiderstände von 10, 20, 50 und 100 Ω und für ein durchgehendes Bodenseil dargestellt, wie sich die Stoßspannung des Mastkopfes für einen Blitzstrom im Mast von 60 kA zeitlich ändert. Die Kurven sind nicht bis zum Anfang durchgezogen, weil der Verlauf des wirksamen Widerstandes während der Stirnzeit des Stoßstromes noch nicht genügend geklärt ist. Die gestrichelten Kurven sind Stoßkennlinien für verschieden lange Hängeketten aus Kappenisolatoren K 3. Für die achtgliedrige Kette (100 kV) kann das Bodenseil nur bei Masten bis zu 50 Ω Widerstand die Stoßspannung des Mastkopfes gerade noch soweit begrenzen, daß sie unter der Stoßüberschlagspannung der Isolation liegt. Für eine Isolation aus 3 Gliedern K 3 dürfte nach dieser Abbildung kein Mastfuß mehr als 10 Ω Widerstand haben, wenn seine Erdung nur durch ein Bodenseil so verbessert werden soll, daß rückwärtige Überschläge unterbleiben.

Auf Grund der Stahlstäbchenmessungen von 1933 war früher angegeben worden, daß bei einer 100 kV-Leitung mit 8 Gliedern K 3 ein Bodenseil auch noch bei 100 Ω Mastfußwiderstand genügenden Schutz geben kann[21]). Dieser Wert galt für Mastströme bis zu 40 kA, während der obige Wert von 50 Ω für 60 kA ermittelt worden ist.

Für einen Vierstrahlerder liegen die Verhältnisse, wie Abb. 7 zeigt, erheblich günstiger, weil die Anfangswerte des Widerstandes geringer sind als beim durchgehenden

[17]) L. V. Bewley, Electr. Engng. 54 (1935) S. 230.

[18]) Die Abb. ist auch in ETZ 56 (1935) S. 1382 von dem betreffenden Verfasser überarbeitet worden, allerdings insofern nicht ganz richtig, als die Kurven 2, 3, 4 die Waagerechte schneiden, die den Wert des Ableitungswiderstandes bezeichnet. Die Kurven müssen sich aber dieser Linie asymptotisch nähern, da ja der wirksame Widerstand nicht kleiner als der Ableitungswiderstand werden kann.

[19]) Bericht in ETZ 56 (1935) S. 1382.

[20]) A. Matthias, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 103.

[21]) H. Grünewald, ETZ 55 (1934) S. 539.

Digitized by Google

Bodenseil. Die Kurven entsprechen genau denen in Abb. 6, nur ist noch die Kurve 5 für einen Vierstrahlerder bei 400 Ω Mastfußwiderstand hinzugenommen worden, um zu zeigen, wieviel geringer jetzt dessen Einfluß ist. Nach der Abbildung könnte z. B. ein Vierstrahlerder bei einer Leitung mit 3 Isolatoren K 3 auch noch Masten mit 20 Ω Widerstand (beim Bodenseil 10 Ω) bis zu 60 kA gegen rückwärtige Überschläge schützen. Der große Vorteil des Vierstrahlerders gegenüber dem durchlaufenden Bodenseil zeigt sich aber am deutlichsten bei den Isolatorenketten größerer Gliedzahl. Eine Leitung mit 8 Isolatoren K 3 kann selbst bei Mastfußwiderständen von 400 Ω noch sicher genug durch einen Vierstrahlerder gegen rückwärtige Überschläge geschützt werden, während die Grenze beim Bodenseil bei 50 Ω lag. Im übrigen geht aus den Abb. 6 und 7 noch hervor, daß es bei den hochisolierten Leitungen gar nicht wesentlich auf den Wert des Ableitungswiderstandes ankommt, der im Endzustand erreicht wird. Er ist bei den Kurven 1 bis 5 jeweils zu 10 Ω für den Oberflächenerder angenommen worden. Bei den geringer isolierten Leitungen kommt es dagegen schon sehr auf die Größe des Endwertes an.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Kurven der Abb. 6 und 7 nur für bestimmte Annahmen gelten. Dabei sind zwar ungünstige Bedingungen für Blitzstromverlauf und Abnahme des Erdungswiderstandes gewählt worden, jedoch sollen die Kurven mehr zur Klarlegung der Zusammenhänge dienen und dürfen nicht als sichere Unterlagen der Bemessung von Oberflächenerdungen zugrunde gelegt werden. Immerhin geben sie auch hierfür wenigstens Anhaltspunkte. Es bedarf weiterer eingehender Versuche und Messungen, bis hier endgültige Zahlenwerte sicher festgelegt werden können.

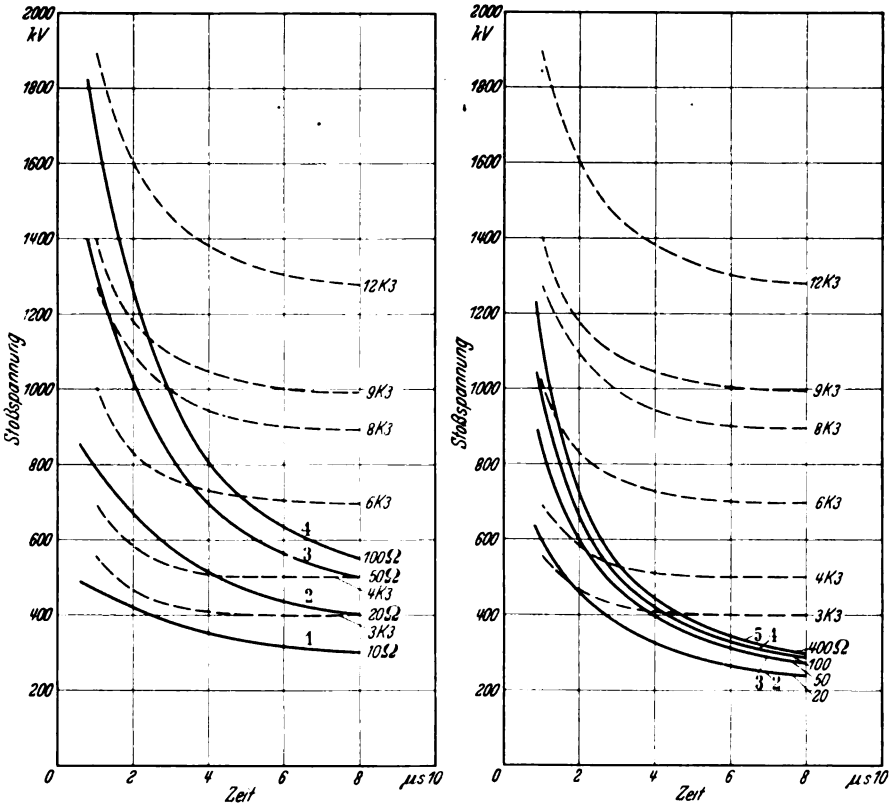


Abb. 6 u. 7. Stoßkennlinien für Hängeketten und Verlauf der Stoßspannung des Mastkopfes bei durchgehendem Bodenseil (Abb. 6) und einem Vierstrahlerder (Abb. 7) für Mastfußwiderstände von 10, 20, 50, 100 und 400 Ω.

Zusammenfassung.

Die Bedeutung geringer Masterdungswiderstände für die Gewittersicherheit der Freileitungsanlagen ist erst im letzten Jahrzehnt bei den Gewitterforschungsarbeiten erkannt worden, wobei wesentliche Fortschritte erst seit den im Jahre 1933 aufgenommenen Blitzstromstärkenmessungen mit Stahlstäbchen erzielt werden konnten.

Damit rückwärtige Überschläge bei Mast- und Erdseileinschlägen vermieden werden, muß jeder einzelne Mast einer Freileitung einen ausreichend niedrigen Erdübergangswiderstand haben, dessen höchstzulässiger Wert durch die Stoßüberschlagspannung der Leitungsisolation und die höchstmögliche Blitzstromstärke im Mast bestimmt wird. Aus den in mehreren hundert Fällen eindeutig gemessenen Blitzströmen in Masten ergibt sich als ausreichende Grundlage für die Widerstandsbemessung ein Höchstwert des Maststromes von 60 kA. Damit sind die höchstzulässigen Widerstandswerte bestimmt worden. Daß es allein von der Größe der Erdübergangswiderstände der Masten abhängt, ob rückwärtige Überschläge unterbleiben, ist durch die Stahlstäbchenmessungen unbedingt sicher erwiesen. Statistische Erhebungen, die nur auf den festgestellten Gewitterschäden beruhen, können auf keinen Fall den Einfluß der Masterdungswiderstände zuverlässig ergeben, weil dabei ohne gleichzeitige Stahlstäbchenmessungen nicht zu entscheiden ist, ob es sich um Mast- oder Erdseileinschläge oder um Leiterseileinschläge handelt. Auf die bei den letzten verursachten Überschläge ist aber der Masterdungswiderstand ohne jeden Einfluß. Diese Zusammenhänge müssen deshalb besonders klargelegt werden, weil heute darüber noch vielfach abwegige Auffassungen bestehen.

Da in vielen Fällen der Übergangswiderstand des Mastfußes allein nicht klein genug ist, müssen zusätzliche Erder verlegt werden. Als solche kommen Platten- und Rohrerder oder Oberflächenerder in Frage. Bei den letzten sind wieder zwei Arten, die Strahlenerder und die Bodenseile, unterschieden worden. Bei Platten und Rohrerdern sowie auch bei Strahlenerdern mit kurzen Strahlen (bis etwa 15 m), die sämtlich als räumlich nicht ausgedehnte Erder angesehen werden können, kann der mit einer Erdungsmeßbrücke meßbare Widerstand auch als wirksamer Widerstand beim Stoßstromdurchgang angenommen werden. Bei den Strahlenerdern mit langen Strahlen und beim Bodenseil ist dagegen der wirksame Widerstand im ersten Augenblick viel größer als der reine Ableitungswiderstand. Dieser zuerst maßgebende Widerstand ist unabhängig von der Länge der Strahlen, er steht aber im umgekehrten Verhältnis zur Zahl der vom Mastfuß ausgehenden Strahlen. Ein Vierstrahlerder hat also nur den halben Anfangswiderstand wie ein Zweistrahlerder oder ein durchgehendes Bodenseil.

Beim Bodenseil wird ausführlich dargelegt, wie hoch sein Schutzwert für verschieden hoch isolierte Leitungen einzuschätzen ist. Diese Zusammenhänge müssen bei der Auswahl der geeigneten Erderart und ihrer Anordnung am Mast beachtet werden, da sonst Fehlschläge unvermeidlich sind.

Digitized by Google

Nomogramme für die wichtigsten Hilfsbeziehungen der Durchhangsberechnung von Freileitungen.

Von Karl Kohler VDE, Karlsruhe.

621. 315. 17. 012. 7 : 518. 3

Übersicht. Nomogramme zur Ermittlung der kritischen Spannweite, der Zustandswerte des Tabellenscheitels und für den Zusammenhang zwischen Zugspannung und Durchhang werden unter Berücksichtigung der VDE-Vorschriften und der üblichen Leitungsbaustoffe entwickelt.

Bei der Untersuchung der Seilbeanspruchung und des Durchhangs von Freileitungen handelt es sich in der Regel um die Berücksichtigung von zwei Belastungsfällen; je nach den Voraussetzungen wird der eine oder andere die höchste Zugspannung bzw. den größten Durchhang ergeben. Zunächst ist es selbstverständlich, daß sich die durch das Eigengewicht bedingte Beanspruchung des Seiles in zulässigen Grenzen bewegen muß, darüber hinaus verlangen aber die Vorschriften, daß das Seil durch eine zusätzliche Belastung bei einer bestimmten Temperatur nicht überbeansprucht wird.

Über den zu untersuchenden Temperaturbereich und über die Größe der Zusatzlast sowie über die spezifischen Eigenschaften der gebräuchlichen Leitermetalle enthalten die VDE-Vorschriften[1]) für Deutschland genaue Angaben.

Für die Planung von Leitungen haben nun die höchste Zugspannung und der größte Durchhang allein Bedeutung. Für die Bauausführung dagegen ist nur wichtig, den bei einer im voraus nicht bekannten Temperatur erforderlichen Durchhang des nur mit Eigengewicht belasteten Seiles zu kennen, bei welchem die bei der Planung gemachten Voraussetzungen über höchste Zugbeanspruchung und größten Durchhang erfüllt werden. Die Bestimmung der Temperaturabhängigkeit des Durchhangs beschränkt sich daher auf die Untersuchung des Seiles mit Eigenbelastung, wobei der Zustand der zusätzlichen Belastung gegebenenfalls die Bedeutung einer Randbedingung erhält.

Bei der Ermittlung von Spanntafeln spielt die sogenannte kritische Spannweite (a_{kr}) eine besondere Rolle. Mit Hilfe derselben läßt sich feststellen, bei welchem Belastungszustand die größte Werkstoffbeanspruchung auftritt. Ist im Einzelfall die tatsächliche Spannweite a kleiner als a_{kr}, so bestimmt die Eigenbelastung und im umgekehrten Fall (a größer als a_{kr}) die Zusatzbelastung den größten Seilzug. Die Beziehung für a_{kr} lautet nun:

$$a_{kr} = \varphi_{(m,q)}\,\sigma_{max}\,, \qquad (1)$$

wobei

$$\varphi_{(m,q)} = \sqrt{\frac{24\,\alpha\,(t_z - t_{min})}{\gamma_z^2 - \gamma^2}}$$

ist[2]). Hierbei bedeuten:

- γ das Eigengewicht des Seiles je m Länge und je mm² Nennquerschnitt
- γ_z das Seilgewicht je m und mm² bei Zusatzbelastung
- σ_{max} die größte Zugspannung je mm² Nennquerschnitt des Seiles
- α den Wärmedehnungskoeffizienten in $^\circ C^{-1}$
- t_{min} die zu beachtende Mindesttemperatur in $^\circ C$
- t_z die Temperatur in $^\circ C$, bei der die Zusatzlast zu berücksichtigen ist
- d den Nennwert des Seildurchmessers in mm
- q den Nennquerschnitt des Seiles
- m einen bestimmten Baustoff.

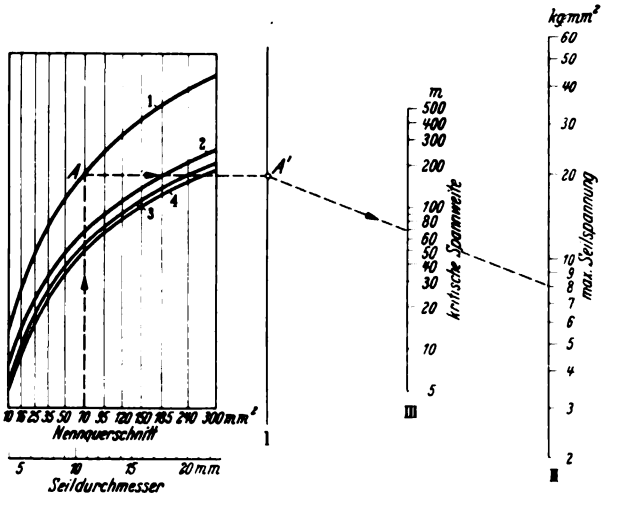
Bei Berücksichtigung der VDE-Vorschriften ist

$$t_z = -5^\circ C, \quad t_{min} = -20^\circ C, \quad \gamma_z = \gamma + \frac{0{,}18\sqrt{d}}{q}$$

und

$$\varphi_{(m,q)} = \frac{60}{\gamma \cdot 10^3}\sqrt{\frac{\alpha \cdot 10^5}{\left(\frac{\gamma_z}{\gamma}\right)^2 - 1}}\,.$$

Für die Darstellung der Gl. (1) kann ein Nomogramm mit parallelen Linien und logarithmischen Maßstäben verwendet werden. Da $\varphi_{(m,q)}$ sowohl vom Baustoff als auch vom Querschnitt des Seiles bzw. dessen Durchmesser abhängt, wird der Funktionswert zweckmäßigerweise einer Skala in einem rechtwinkligen System in Abhängigkeit des Querschnittes mit den Materialkonstanten als Parameter zugeordnet[3]). Die Ordinaten sind hierbei im Linienmaßstab aufzutragen (s. Abb. 1). Für die Durchführung einer bestimmten Rechnung muß dann zuerst der in Frage kommende Kurvenpunkt ermittelt und durch eine Parallele zur Abszisse auf die Linie von $\varphi_{(m,q)}$ übertragen werden.



1 Al *2* Cu, Br I, II u. III
3 St 40 *4* St 70, 120 u. 150

Abb. 1. Nomogramm zur Bestimmung der kritischen Spannweite nach VDE.

$$a_{kr} = \sigma_{max}\sqrt{\frac{24 \cdot \alpha\,(t_z - t_{min})}{\gamma_z^2 - \gamma^2}}\,.$$

Beispiel: Bei 70 mm² Al erhält man für $\varphi_{(m,q)}$ den Kurvenpunkt A und damit auf der Skala I den Punkt A' und mit diesem für $\sigma_{max} = 8$ kg/mm² ein a_{kr} von 68 m (s. Abb. 1).

Bei gleicher maximaler Zugspannung haben nun die Zustandskurven (σ als Funktion von t) verschiedener Spannweiten stets einen gemeinsamen Scheitelpunkt, sofern nur alle Spannweiten entweder kleiner oder größer als a_{kr} sind. Die Zustandswerte des Scheitels sind:

$$\sigma_0' = \frac{\gamma}{\gamma_0}\,\sigma_{max} \qquad (2)$$

$$t_0' = t_0 + \frac{\varepsilon}{\alpha}\,\frac{\gamma_0 - \gamma}{\gamma_0}\,\sigma_{max}\,; \qquad (3)$$

hierbei ist t_0 die Temperatur, bei welcher die höchste Beanspruchung auftritt, γ_0 das Seilgewicht je m Länge und je mm² Nennquerschnitt für den die höchsteBeanspruchung bestimmenden Belastungsfall und ε der reziproke Wert des

[1]) Vgl. VDE 0210/1934.

[2]) Vgl. Rziha und Seidener: Starkstromtechnik, 3. Aufl. Bd. 1, S. 826. Berlin: Wilh. Ernst u. Sohn, 1922.

[3]) Vgl. H. Hausner, Elektrotechn. u. Maschinenb. 39 (1926) S. 812.

Digitized by Google

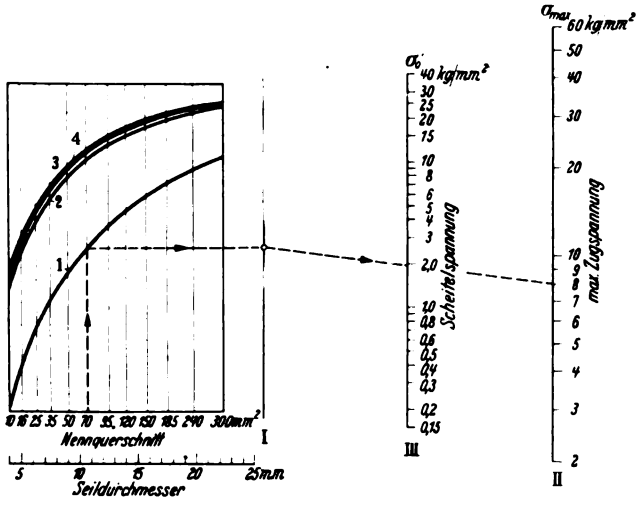
Elastizitätsmoduls des verwendeten Seilwerkstoffes. Nach den VDE-Vorschriften ist demnach für $a < a_{kr}$:

$$t_0 = t_{min} = -20°C \text{ und } \gamma_0 = \gamma,$$

und für $a > a_{kr}$:

$$t_0 = t_z = -5°C \text{ und } \gamma_0 = \gamma_z.$$

Wenn das Eigengewicht des Seiles den maximalen Zug bedingt, ($a < a_{kr}$) sagen die Gl. (2) und (3) nichts Besonderes aus, da es selbstverständlich ist, daß hier der allen Fällen gemeinsame Ausgangszustand (σ_{max}, t_{min}) Kurvenscheitel ist. Ist dagegen $a > a_{kr}$, dann erhalten σ_0' und t_0' besondere Bedeutung. Da hier der Durchhang des nur mit Eigengewicht belasteten Seiles bei σ_0' gleich groß ist wie bei t_z und zusätzlicher Belastung, kann dieser Wert zur Bestimmung des Durchhangs des Seiles mit Zusatzlast verwendet werden. Der Temperaturwert des Scheitels t_0' (auch „kritische Temperatur" genannt), läßt dagegen erkennen, ob der größte, überhaupt zu erwartende Durchhang durch Eigenbelastung bei t_{max} oder bei t_z und Zusatzlast auftritt. Die Kenntnis von σ_0' und t_0' ist bei graphischer Bestimmung der Spanntafeln z. B. nach Glinski[4]), Blondel[5]), Sumec[6]), Szillas[7]) u. a. erforderlich.



1 Al *2* St 40 bis 150 *3* Br II u. Br III *4* Cu u. Br I

Abb. 2. Nomogramm zur Bestimmung der Spannung des Tabellenscheitels nach VDE. $\sigma_0' = \frac{\gamma}{\gamma_0}\,\sigma_{max}$.

Da γ_z nach den VDE-Vorschriften sowohl vom Werkstoff als auch vom Querschnitt bzw. Durchmesser des Leiters abhängt und eine Trennung in Faktoren jeweils nur einer Varianz nicht möglich ist, liegen für die graphische Lösung der Gl. (2) dieselben Voraussetzungen wie bei der Gl (1) vor. Man wird daher den Ausdruck $\left(\frac{\gamma}{\gamma_z}\right)$ im Nomogramm als Kurve in Abhängigkeit von q bzw. d mit den Stoffkonstanten als Parameter einer Skala zuordnen (s. Abb. 2). Die Rechnung im Einzelfall erfolgt in gleicher Weise wie bei Abb. 1.

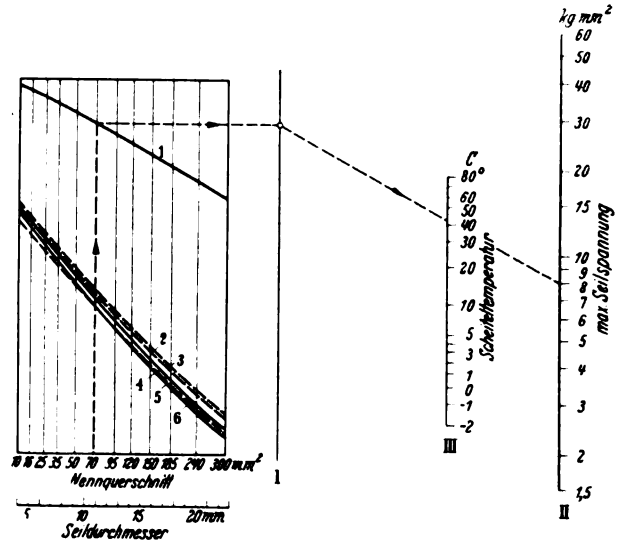
Beispiel: Bei 70 mm² Al erhält man für $\sigma_{max} = 8$ kg/mm² eine Scheitelspannung von 1,93 kg/mm².

Die Beziehung für die Scheiteltemperatur t_0' läßt sich ebenfalls auf die Form der Gl. (1) bringen. Der Ausdruck $\frac{\varepsilon}{\alpha}\,\frac{\gamma_0 - \gamma}{\gamma_0}$ ist wieder abhängig vom Baustoff und vom Seilquerschnitt bzw. Durchmesser; bezeichnet man denselben mit $\psi_{(m,q)}$, so ist

$$(t_0' - t_z) = \psi_{(m,q)}\,\sigma_{max}. \qquad (3a)$$

[4]) H. v. Glinski, ETZ 24 (1903) S. 255.
[5]) Vgl. G. Nicolaus, ETZ 28 (1907) S. 896.
[6]) J. Sumec, ETZ 36 (1915) S. 397.
[7]) O. Szillas, ETZ 40 (1919) S. 466, 477 u. 493.

Hierbei ist t_z konstant, da sich die Untersuchung des Einflusses der Zusatzlast auf einen einzigen Temperaturwert beschränkt. Für die Ermittlung der Temperaturdifferenz $(t_0' - t_z)$ kann ein Nomogramm in ähnlicher Weise wie für Gl. 1 angefertigt werden. Beschriftet man die Temperaturlinie noch so, daß bei jedem bestimmten Skalenwert $t_0' - t_z$ die zugehörige Temperatur t_0' angegeben wird, so erhält man eine Darstellung, die für die unmittelbare Bestimmung der Scheiteltemperatur geeignet ist. Die Funktion $\psi_{(m,q)}$ wird auch hier jeweils für die verschiedenen Baustoffe als Kurve eines rechtwinkligen Systems in Abhängigkeit von q bzw. d der entsprechenden Linie zugeordnet (s. Abb. 3).



1 Al *3* St 120 u. 150 *5* St 40
2 St 70 *4* Br II u. III *6* Cu u. Br I

Abb. 3. Nomogramm zur Bestimmung der Temperatur des Tabellenscheitels nach VDE. $t_0' = t_0 + \frac{\varepsilon}{\alpha}\,\frac{\gamma_0 - \gamma}{\gamma_0}\,\sigma_{max}$.

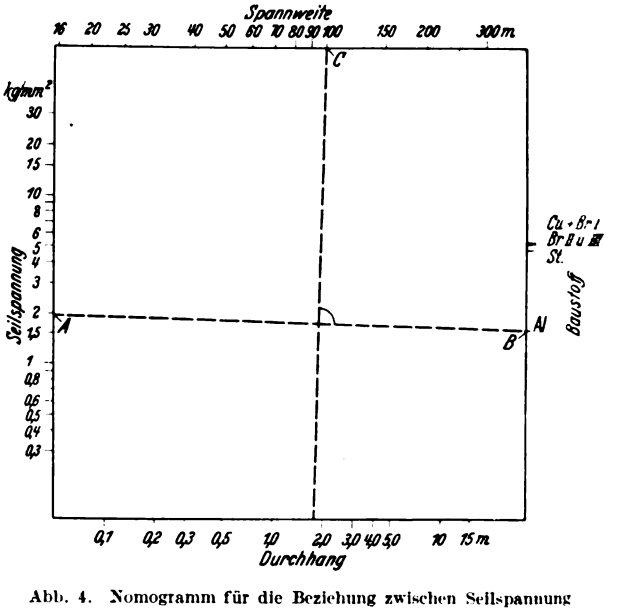


Abb. 4. Nomogramm für die Beziehung zwischen Seilspannung und Durchhang. $f = \frac{a^2 \cdot \gamma}{8 \cdot \sigma}$.

Beispiel: Für 70 mm² Al und $\sigma_{max} = 8$ kg/mm² wird $t_0' = 42$ ° C.

Eine bei der Durchhangsuntersuchung stets wiederkehrende Aufgabe ist die Berechnung des Durchhangs aus

Digitized by Google

der Seilspannung und umgekehrt. Man verwendet hierzu die Beziehung zwischen beiden nach der Gleichung:

$$f = \frac{a^2 \gamma}{8 \sigma}. \qquad (4)$$

Da sämtliche Veränderlichen in reinen Faktoren auftreten, kann hier sofort ein Nomogramm mit logarithmischen Maßstäben gebildet werden. Zur Vermeidung von Hilfslinien empfiehlt es sich, die vier erforderlichen Linien jeweils senkrecht zueinander (in Rechteckform) anzuordnen, wobei dann die Lösung der Gleichung durch ein senkrecht zueinander stehendes Geradenpaar erfolgt (s. Abb. 4). Die Rechnung selbst läßt sich sehr einfach mit Hilfe eines Dreieckwinkels ausführen, indem man denselben zuerst mit der Hypotenusenseite an die beiden Punkte A und B (Abb. 4) legt, ihn dann an einem Lineal längs einer Kathetenseite um 90° dreht und so lange parallel verschiebt, bis die Hypotenusenseite durch C geht.

Beispiel: Für Al, $\sigma = 1{,}93$ kg/mm² und $a = 100$ m wird $f = 1{,}75$ m.

Zum Schluß sei noch hervorgehoben, daß eine möglichst pausfähige Anfertigung der Nomogramme die Berechnung wesentlich vereinfacht. Angenehm wirkt sich besonders aus, daß in den Darstellungen alle Einzelheiten enthalten sind, wodurch weitere Hilfsmittel, wie z. B. Tafeln über Stoffkonstanten, Nenndurchmesser der Leitungen, Größe der Zusatzlasten usw. entbehrt werden können. Die Verwendung von Pausen für jede einzelne Rechnung hat zudem den Vorteil, daß Rechnungsgang und Ergebnis sofort aktenmäßig festliegen.

Zusammenfassung.

Zur graphischen Bestimmung der kritischen Spannweiten und der Temperatur- und bzw. Spannungswerte des Scheitels der Zustandskurven werden Nomogramme angegeben. Für die Benutzung dieser Tafeln sind weitere Hilfsmittel nicht notwendig. Die Funktion zwischen Durchhang und Seilspannung wird ebenfalls unter Berücksichtigung sämtlicher Abhängigkeiten graphisch dargestellt.

Die neueste Entwicklung der elektrischen Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn unter besonderer Berücksichtigung der elektrischen Fahrzeuge der Höllentalbahn.

Von **Otto Michel VDE**, München.

(Schluß von S. 1079.)

621. 335 (43)

Die Versuche auf der Höllentalbahn.

Im nachfolgenden sei noch kurz auf den Versuch eingegangen, den die Deutsche Reichsbahn auf der Höllentalbahn mit Einphasenwechselstrom von 50 Hz vornimmt. Bekanntlich bedingt die Versorgung mit 16⅔ Hz-Einphasenstrom besondere Stromerzeuger und besondere Speiseleitungsnetze. Ein wichtiger Grund für die Erstellung dieser besonderen Anlagen war seinerzeit bei Beginn der Elektrisierung die Tatsache, daß die Überlandnetze vielfach nicht so stark vermascht und noch nicht so leistungsfähig waren, daß ein zuverlässiger Eisenbahnbetrieb an diese Netze hätte angeschlossen werden können. Dies hat sich in den letzten Jahren wesentlich geändert, und so trat dann wiederholt von maßgebenden Kreisen der Wunsch auf, die Reichsbahn solle ihre Fahrdrahtanlagen im Anschluß an Überlandnetze mit 50 Hz betreiben. Dabei wurde wiederholt auch der Gedanke ausgesprochen, daß durch Wegfall besonderer Stromerzeugungsanlagen die Stromversorgung und damit die gesamte Elektrisierung wesentlich billiger zu stehen käme. Auf diese wirtschaftliche Frage, die nach heutiger Erkenntnis eine Reihe Irrtümer enthält, sei hier nicht eingegangen; im folgenden soll hier nur die technische Seite der Frage behandelt werden.

Will man Strom von 50 Hz aus der Landesversorgung für die elektrische Zugförderung verwenden, dann stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Die Umformung von Strom von 50 Hz in Strom von 16⅔ Hz, der dann dem Fahrdraht zugeleitet wird. An den Fahrzeugen selbst tritt hier keine Änderung gegenüber den beschriebenen Fahrzeugen ein. Zur Umformung kommen Maschinenumformer und gittergesteuerte Umrichter in Betracht. Die Reichsbahn hat dieser Frage bisher größtes Interesse entgegengebracht. Ein Großversuch wurde zunächst im Saalach-Kraftwerk mit einem Umrichter der SSW durchgeführt und abgeschlossen[15]). Ein weiterer Umrichter der AEG ist in Basel aufgestellt und soll die Wiesentalbahn mit 16⅔ Hz-Strom, 15 000 V, versehen[16]),[17]); dieser Umrichter wird aus den Kraftwerken Rheinfelden gespeist. Die Anlage kommt zur Zeit in Betrieb. Ein drittes System von BBC mit Schwingungskreisen ist in dem Unterwerk Pforzheim des Badenwerkes aufgestellt und wird ebenfalls demnächst in Betrieb gesetzt[17]). Diese beiden letztgenannten Umrichter haben eine Leistung von 4000 kVA und sollen dauernd in Betrieb bleiben.

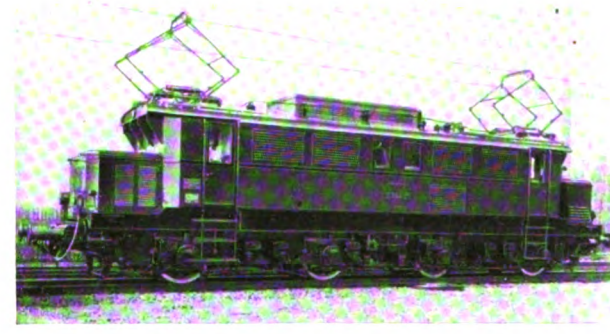


Abb. 16. $B'_0B'_0$-Höllentallokomotive, Bauart SSW.

2. Die Verteilung von 50 Hz-Strom auf der Strecke unter Einsatz von Fahrzeugen, die unmittelbar diese 50 Hz verarbeiten. Um über alle technischen und wirtschaftlichen Fragen unterrichtet zu werden, hat sich die Reichsbahn entschlossen, diesen letzteren Versuch auf der Höllentalbahn vorzunehmen. Die Wahl der Höllentalbahn ist außerdem von besonderem Interesse, weil hier durch die Steigungen von 55 ‰ (1 : 18) Streckenverhältnisse von außergewöhnlichen Schwierigkeiten vorliegen. Außerdem ist im Höllental Sommer wie Winter ein starker Verkehr. Z. Z. wird hier der Verkehr mit neuen fünfgekuppelten Dampflokomotiven der Reihe 85 durchgeführt, die 180 t Anhängelast mit 24 km/h Geschwindigkeit in der größten Steigung befördern. Dem elektrischen Betrieb wurde die Aufgabe gestellt, die gleichen Lasten von 180 t zu fördern, jedoch mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h. Nach eingehenden Studien wurde die Überzeugung gewonnen, daß elektrische Lokomotiven mit 4 Treibachsen von je 21 t Achsdruck in der Lage sein werden, diese Forderung einzuhalten. Daher wurden Lokomotiven der Achsanordnung

[15]) Kasperowski, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 245; ETZ 57 (1936) H. 29, S. 869.
[16]) Tröger, Elektr. Bahnen 10 (1934) S. 15.
[17]) Wechmann, Elektr. Bahnen 10 (1934) S. 12 u. 13.

Digitized by Google

$B'_0B'_0$ gewählt, die äußerlich genau so aussehen wie die bereits beschriebenen $B'_0B'_0$-Lokomotiven. Um einen lückenlosen Überblick über alle hier vorliegenden Fragen zu erhalten, entschloß sich ferner die Reichsbahn, da es sich um einen Versuchsbetrieb handelt, bei dem alle Einzelheiten erforscht werden sollen, zunächst 4 Lokomotiven, jede nach einem anderen System, für eine Höchstgeschwindigkeit von 85 km/h zu bauen. Am Bau beteiligen sich die Firmen AEG, BBC, Krupp und SSW. AEG und BBC bauten Lokomotiven, auf denen je ein Gleichrichter aufgestellt wurde, SSW eine Lokomotive mit 50 Hz-Motoren, Krupp eine Lokomotive nach dem sog. Kruppsystem, bei dem Einphasenmotoren mit Zwischenläufern und Drehstrommotoren verwendet werden. Als Fahrdrahtspannung wurde abweichend von der Regelspannung der bisherigen elektrisierten Vollbahnen 20 kV gewählt, um die Spannungsabfälle dieser schweren Bergstrecke in erträglichen Grenzen zu halten.

Die Speisung der Strecke erfolgt aus dem Badenwerk, das den Strom mit 110 kV liefert. Im Unterwerk Titisee findet dann die Umspannung auf 20 kV statt. Um gleichmäßige Phasenbelastungen zu erzielen, wurden Scott-Umspanner mit Höhen- und Basisumspanner aufgestellt. Während bei den anderen 15 kV-Strecken mit einer obersten Spannung von 16,5 kV und einer niedrigsten Spannung von 12 kV zu rechnen ist, also einer Änderung um + 10 % und — 20 %, wurden hier die Fahrzeuge ausgelegt für eine Spannung nach oben bis 23 kV, nach unten bis 16 kV, also + 15 % und — 20 %. Eine ausschlaggebende Bedeutung kommt bei 50 Hz dem Leistungsfaktor zu. Da die Frequenz gegenüber 16⅔ Hz den dreifachen Betrag hat, erreicht auch der induktive Spannungsabfall bei gleichem Strom einen dreifachen Wert. Der Leistungsfaktor muß daher in erträglichen Grenzen gehalten werden. Bei der Beurteilung der verschiedenen Lokomotivsysteme ist deshalb der $\cos\varphi$ von besonderer Bedeutung.

Im nachfolgenden sei auf die wichtigsten Bauteile der Lokomotiven kurz eingegangen.

1. Lokomotive von SSW.

Diese Lokomotive gleicht ebenso wie die übrigen drei Lokomotiven äußerlich einer normalen $B'_0B'_0$-Lokomotive (Abb. 16). Auch der Aufbau der elektrischen Ausrüstung ist grundsätzlich der gleiche wie bei dieser Lokomotive. Sie hat eine Stundenleistung von 2080 kW bei einer Geschwindigkeit von 73 km/h und ist mit zwei Stromabnehmern mit 1300 mm Schleifstückbreite ausgerüstet. Zur Vermeidung der Rundfunkstörungen werden Kohleschleifstücke verwendet. Der Hauptumspanner mit einer Dauernennleistung von 1720 kVA ist, da es sich um 50 Hz handelt, in seinen äußeren Abmaßen kleiner als der bei 16⅔ Hz, dagegen waren bei den Fahrmotoren besondere Maßnahmen notwendig. Beim Einphasenwechselstrom kommt der Stegspannung an den Stromwenderstegen eine besondere Bedeutung zu. Im allgemeinen kann nur dann ein zuverlässiger Betrieb durchgeführt werden, wenn diese Stegspannung, die von der EMK der Transformation herrührt, Werte in der Größenordnung von weniger als 3 V aufweist. Bei 50 Hz würde dieser Wert, wenn an den Motoren gegenüber 16⅔ Hz keine Veränderungen vorgenommen würden, den dreifachen Wert annehmen. Um nun den zulässigen Wert von 3 V wieder zu erreichen, verbleibt als wichtigste Maßnahme, die dem Motor zugeführte Spannung herabzusetzen. Um aber die Leistung der Motoren, die je Achse 500 kW betragen muß, sicherzustellen, wurden je Achse 2 Motoren eingebaut, die in Reihe geschaltet sind. Die größte Spannung je Motorgruppe beträgt 510 V, also für einen Motor 255 V gegenüber 590 V beim normalen 16⅔ Hz-$B'_0B'_0$-Motor. Die Stromwender haben aus den erwähnten Gründen die außergewöhnliche Breite von 360 mm gegenüber 285 mm beim normalen 16⅔ Hz-$B'_0B'_0$-Motor. Sämtliche Motoren sind als Tatzlagermotoren ausgeführt. Die Steuerung erfolgt durch Feinregler mit Nockenschaltwerk mit 14 Nockenschaltern und dementsprechend 14 Fahrstufen (Abb. 17). Zur Schonung der Radreifen ist die Lokomotive mit einer fahrdrahtunabhängigen Widerstandsbremse ausgerüstet, die in 6 Stufen regelbar ist. Hierbei wird eine Fahrmotorengruppe mit Gleichstrom von 24 V erregt; diese Fahrmotorengruppe liefert dann den Erregerstrom für die übrigen 3 Fahrmotorengruppen, deren Läufer über Bremswiderstände kurzgeschlossen sind.

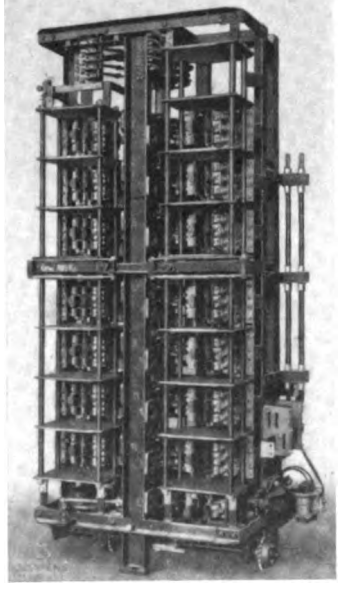


Abb. 17. $B'_0B'_0$-Höllentallokomotive, Bauart SSW, Nockenschaltwerk.

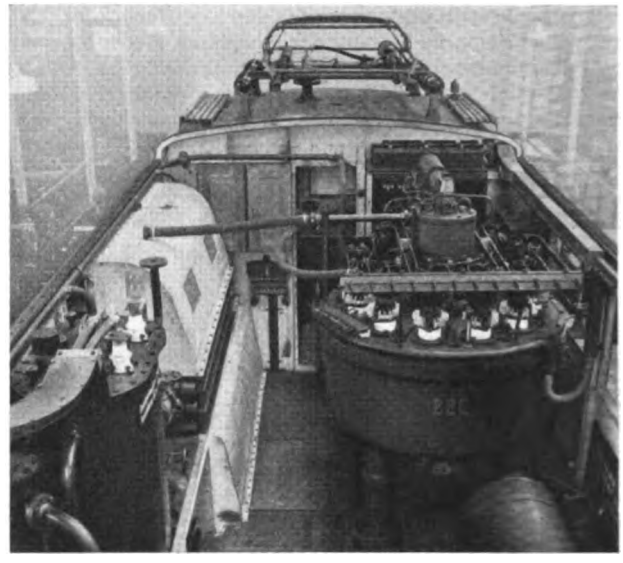


Abb. 18. $B'_0B'_0$-Höllentallokomotive, Bauart BBC, Gleichrichter.

2. Lokomotive von AEG.

Die Lokomotiven der Firmen AEG und BBC arbeiten mit Umrichtern, und zwar die AEG-Lokomotive mit einem gittergesteuerten Umrichter, der nach dem System Toulon gesteuert wird. Das Eisengefäß ist für eine Höchstspannung von rd. 2000 V gebaut. Es enthält 4×4 gittergesteuerte Hauptanoden für Regelung der Gleichspannung, 2 Mittelpunktsanoden, 6 Regelanoden und 1 Zündanode. Je 4 Hauptanoden sind parallel geschaltet. Jede Achse ist mit einem Motor ausgerüstet. 2 Motoren liegen dauernd in Reihe und bilden eine Motorgruppe. Die Gesamtleistung der Lokomotive beträgt 2400 kW bei 58 km/h Geschwindigkeit. Zur Zugkraftregelung können die 2 Motorgruppen ihrerseits in Reihe und parallel geschaltet werden. Außerdem werden die Motorgruppen einmal an die Anodengruppe mit 1350 V, das anderemal an die Anodengruppe mit rd. 1800 V Spannung gelegt. Es ergeben sich somit 8 Schaltstufen. Der Übergang von einer Schaltstufe zur anderen erfolgt stetig durch die Gittersteuerung. Es wird daher grundsätzlich nur mit ausgesteuerten Spannungswellen gefahren, was für den Leistungsfaktor von wesentlicher Bedeutung ist. Auf der

Digitized by Google

Reihen- und Parallelschaltungsstufe können außerdem die Fahrmotoren noch zweimal geshuntet werden.

3. Lokomotive von BBC.

BBC hat auf der Lokomotive einen Gleichrichter mit 10 Hauptanoden, 2 Hilfsanoden und 2 Erregeranoden. Die größte Gleichspannung beträgt 1600 V mit einem Dauer-

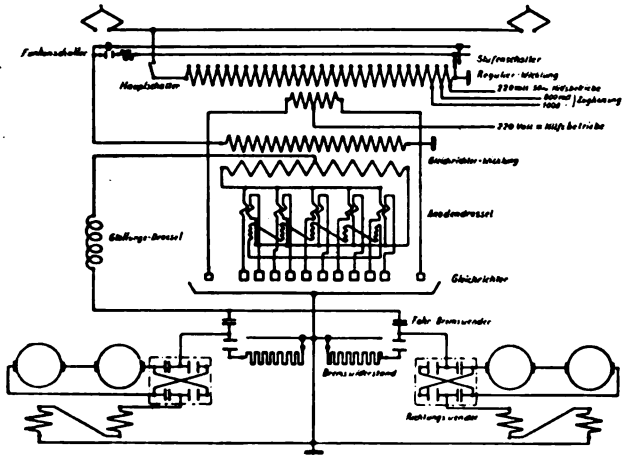


Abb. 19. $B'_0B'_0$-Höllentallokomotive, Bauart BBC, Schaltbild des Gleichrichters.

strom von 1000 A für die Treibmotoren und 230 A bei 220 V für die Hilfsbetriebe. Die Hauptanoden sind zwar auch mit Gittern versehen, doch dienen diese nicht der Steuerung, sondern lediglich zur Sperrung in Störungsfällen. Die Aufstellung des Gleichrichters im Maschinenraum ist aus Abb. 18 zu ersehen. Die den Motoren zuzuführende Spannung wird durch eine sog. Hochspannungssteuerung geregelt, siehe Abb. 19. Die Leistung der Lokomotive beträgt 2160 kW bei 60 km/h Geschwindigkeit. Auch hier sind immer je 2 Motoren in Reihe geschaltet. Beim elektrischen Bremsen werden die Motoren auf einer Seite vom Gleichrichter abgeschaltet und auf einen Bremswiderstand geschaltet, der durch einen Gleichstromlüftermotor belüftet wird. Der Bremswiderstand wird durch einen besonderen Bremssteuermotor stufenlos geregelt. Diese Bremsmaschine[18]) besteht aus 2 Hälften mit je 4 uhrfederförmig aufgewickelten Bremsspiralen aus Chrom-Nickel-Band. Der Strom wird den Widerstandsbändern durch Rollen zugeführt. Beim Übergang vom Fahren zum Bremsen werden die Felder der Motoren kurzzeitig von der Batterie vorerregt, um ein möglichst rasches Ansprechen der elektrischen Bremse zu erzielen.

4. Lokomotive von Krupp.

Diese Lokomotive gleicht zwar äußerlich weitgehend den vorerwähnten Lokomotiven, sie weicht jedoch in ihrem inneren Aufbau und in ihren Einzelausrüstungen von der gewöhnten und hergebrachten Ausführung völlig ab. Der Kernpunkt der Lokomotive ist der Kruppsche Einphasenmotor mit einem sog. Zwischenläufer. Der Motor baut sich auf aus dem Ständer, dem Zwischenläufer und dem Hauptläufer. Er wird mit Einphasen-Wechselstrom gespeist, gleicht in seinem elektrischen Verhalten restlos einem Drehstrommotor und wird mit einem ihm zugeteilten wirklichen Drehstrommotor elektrisch und mechanisch in Verbindung gebracht. Die Wirkungsweise des Kruppschen Einphasenmotors[19]) hat man sich kurz folgendermaßen vorzustellen: Das im Ständer durch die einphasige Speisung erzeugte pulsierende Wechselfeld kann als Resultierende von 2 gleichbleibenden, mit gleicher Geschwindigkeit gegeneinander umlaufenden Drehfeldern mit der halben Amplitude des Wechselfeldes aufgefaßt werden. Der Zwischenläufer dreht sich synchron mit dem einen dieser beiden Drehfelder, das andere dreht sich gegen ihn mit dem Doppelten der Netzfrequenz. Das inverse Feld wird hier praktisch unschädlich gemacht. Da die Kurzschlußwicklung des Zwischenläufers synchron mit dem einen Drehfeld umläuft, kann sie mit Gleichstrom erregt und zur Phasenkompensation herangezogen werden. Der Hauptläufer verhält sich genau so wie der Läufer eines normalen Drehstrommotors. Der Zwischenläufer ist mechanisch nur durch die Fliehkraft und durch die Stöße, wie sie bei Tatzlagermotoren auftreten, beansprucht. Die jeweilige Belastung des Motors hat keinen Einfluß auf die mechanische Beanspruchung des Zwischenläufers. Ständer und Zwischenläufer sind 6polig ausgeführt.

Wie schon erwähnt, ist jedem Einphasenmotor ein Drehstrommotor zugeordnet, so daß auf jeder Treibachse ein Einphasen- und ein Drehstrommotor sitzen, die beide über ein gemeinsames Zahnrad, das Antriebszahnrad, auf der Treibachse verbunden sind. Der Drehstrommotor ist in seinen Grundelementen wie ein normaler Drehstrommotor mit 4 Polen gebaut. Die beiden Motoren sind für 800 V ausgelegt. Man kann nunmehr folgende Kombinationen treffen: Betrieb mit dem Einphasenmotor allein, dem Drehstrommotor allein, mit Kaskadenschaltung und mit Polumschaltung. Zur Gewinnung mehrerer wirtschaftlicher synchroner Geschwindigkeiten war anfangs daran gedacht, alle diese Möglichkeiten anzuwenden. Im Lauf der späteren Entwicklung wurde jedoch auf die Polumschaltung verzichtet, so daß jetzt 3 ausgezeichnete Geschwindigkeiten vorhanden sind, und zwar die erste Geschwindigkeit in der Kaskade mit 34,7 km/h, die zweite mit dem Einphasenmotor allein von 59,4 km/h und die dritte mit dem Drehstrommotor allein mit 83,3 km/h. Die Regelung erfolgt durch Flüssigkeitswiderstände. Hierbei ist es wichtig, daß es gelungen ist, von einer zur anderen Stufe ohne jeden Zugkraftsprung zu gelangen. Die Schaltung selbst geht aus Abb. 20 hervor.

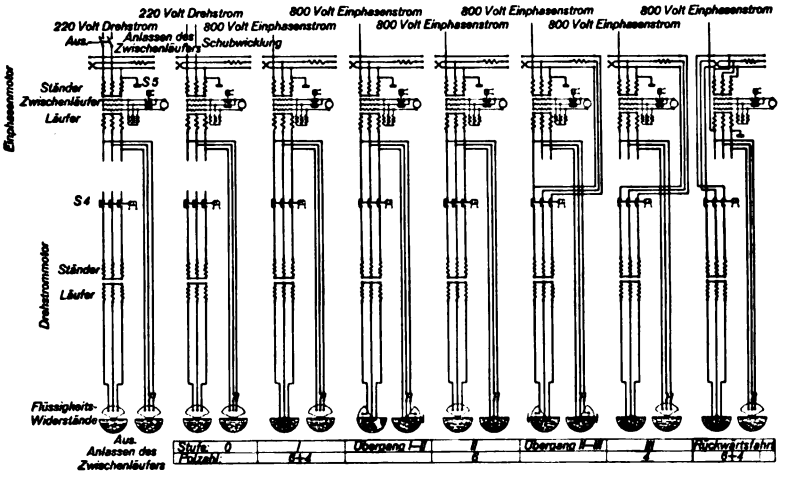


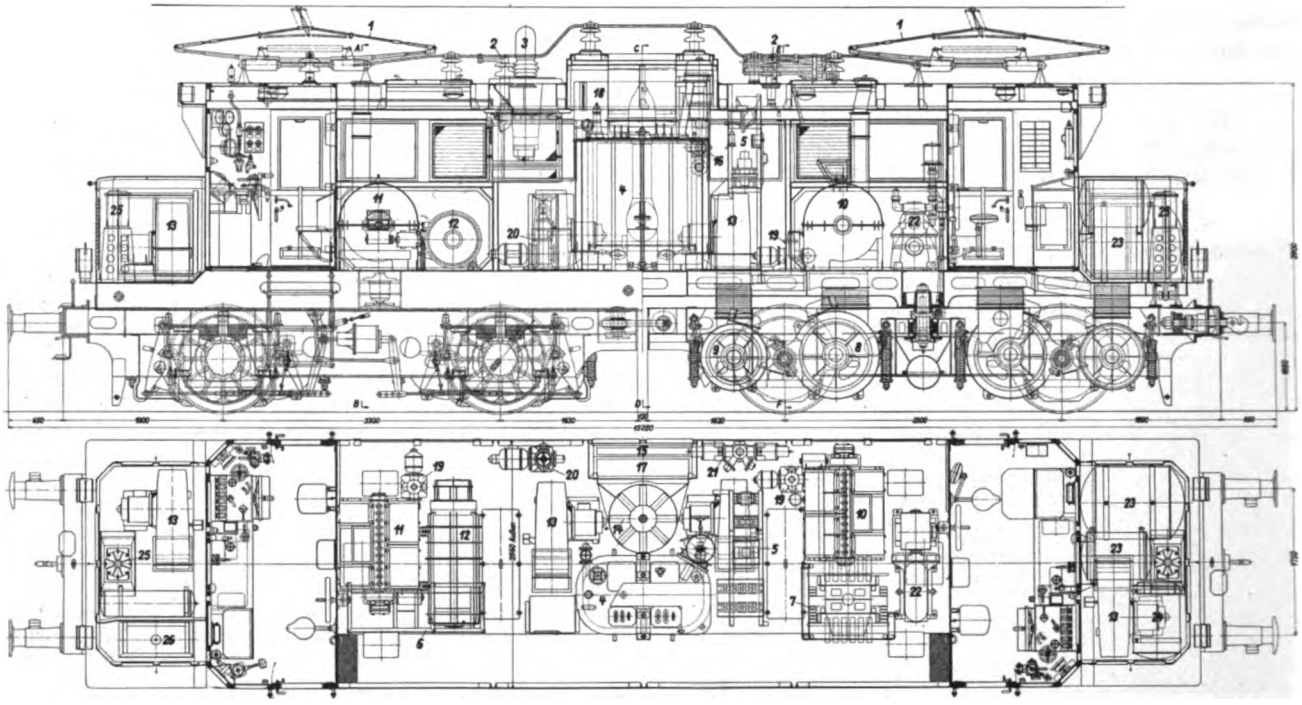
Abb. 20. $B'_0B'_0$-Höllentallokomotive, Bauart Krupp, Grundschaltungen.

Die Stundenleistung der Motoren beträgt bei der Stufe 1 1840 kW, der Stufe 2 2120 kW und der Stufe 3 2020 kW. Die Kennlinie der Lokomotive gleicht in allen Teilen einer Drehstromlokomotive. Um aber gleichwohl von den synchronen Geschwindigkeiten bis zu einem gewissen Grad unabhängig zu sein, wurden die Wasserwiderstände so ausgelegt, daß 20 min lang auf beliebigen Zwischenstufen gefahren werden kann, ohne daß die Erwärmung des Kühlwassers unzulässig hoch wird. Dadurch

[18]) Hutt, ETZ 57 (1936) S. 222.

[19]) Punga u. Schön, ETZ 47 (1926) S. 842 u. 877; 51 (1930) S. 265. — Schön, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 61. Ref.: ETZ 56 (1935) S. 808.

Digitized by Google



1 Stromabnehmer	*6* hinteres Apparategerüst	*11* hinterer Wasserwiderstand	*16* Ölpumpe	*22* Motorluftpumpe
2 Dachtrennschalter	*7* Nockenschaltwerk	*12* Erregerumformer	*17* Wasserkühler	*23* Hauptluftbehälter
3 Expansionsschalter	*8* Einphasenmotor	*13* Motorlüfter	*18* Wasserhochbehälter	*24* Hilfsluftbehälter
4 Hauptumspanner	*9* Drehstrommotor	*14* Betzlüfter	*19* Saugpumpe	*25* Achsdruck-Ausgleichvorrichtung
5 vorderes Apparategerüst	*10* vorderer Wasserwiderstand	*15* Ölkühler	*20* Druckpumpe	*26* Sammler
			21 Wechselventil	

Abb. 21. $B'_0B'_0$-Höllentallokomotive, Bauart Krupp. Schnitte.

ist es möglich, im Betrieb der Höllentalbahn mit jeder beliebigen Geschwindigkeit zu fahren. Die Nebenschlußkennlinie der Motoren schafft besonders günstige Bremsverhältnisse. Bei Talfahrten arbeiten die Motoren als Generatoren und geben die Arbeit in das Netz zurück. Besondere Schaltungen sind hierbei nicht nötig. Aus Abb. 21 geht der gesamte Aufbau der Lokomotive hervor. In diesem verdient der Erregerumformer noch besondere Erwähnung. Er besteht aus 3 Einzelmaschinen, dem Antriebsmotor, dem Erregergenerator und der Anwurfs- und 110 V-Steuerspannungsmaschine. Der Antriebsmotor wird vom Umspanner mit 235 V gespeist. Der Erregergenerator liefert als fremderregter Gleichstromgenerator den Gleichstrom für die Zwischenläufererregung. Der Anwurfsmotor dient zum Ingangsetzen des großen Umformersatzes; er wird mit 235 V Wechselspannung angelassen. Nach Erreichen der normalen Drehzahl schaltet sich die Wechselspannung ab, und der Anwurfsmotor liefert 110 V Gleichspannung zum Betrieb der Steuereinrichtungen.

Gerade in dieser Lokomotive sind noch viele Feinheiten enthalten, die größtes Interesse verdienen, auf die jedoch in diesem Rahmen nicht eingegangen werden kann. Trotz der völligen Neuartigkeit aller Einzelausrüstungen war es wichtig, die Ausgestaltung des Führerstandes und die Bedienung einfach zu halten. Die Ausrüstung des Führerstandes weicht nur wenig von den normalen Führerständen ab. Das Äußere der Lokomotive gleicht den $B'_0B'_0$-Lokomotiven. Bei der Entwicklung der elektrischen Ausrüstung und des Wagenteiles war die Deutsche Reichsbahn bei der Krupp-Lokomotive wie auch bei den übrigen 3 Lokomotiven bestrebt, soweit irgend möglich gleiche Teile aus dem bisher bewährten Einphasenbetrieb zu übernehmen.

Von den vier Lokomotiven sind die der Firmen BBC, Krupp und SSW bereits in Betrieb und haben bisher entsprochen. Die Lokomotive der AEG wurde kürzlich angeliefert und ebenfalls sofort in Betrieb genommen. Welcher der vier Arten der vorliegenden neuen 50 Hz-Lokomotiven die Siegespalme zufallen wird, läßt sich heute noch nicht sagen. Es bedarf noch vieler wissenschaftlicher Arbeiten, um alle in Betracht kommenden technischen und wirtschaftlichen Fragen restlos zu klären. Der Reichsbahn ist sehr viel daran gelegen, diese Fragen auch wissenschaftlich auszuschöpfen. Sie hat daher einen eigenen Meßwagen für 50 Hz eingerichtet, mit dem sämtliche elektrischen und mechanischen Fragen in weitestem Umfang geklärt werden können. Über das Ergebnis aller dieser Versuche wird vielleicht bei einer späteren Gelegenheit berichtet werden können.

Zusammenfassung.

Der Deutschen Reichsbahn ist es in den letzten Jahren gelungen, bei den elektrischen Lokomotiven für 15 000 V und 16⅔ Hz Einheitsausführungen zu bauen, die allen Erfordernissen des Betriebs entsprechen. Es sind dies schwere Schnellzuglokomotiven mit 4 Treibachsen für 150 km/h Geschwindigkeit, leichte Schnellzuglokomotiven mit 3 Treibachsen für 130 km/h, Personen- und leichte Güterzuglokomotiven für 90 km/h und schwere Güterzuglokomotiven für 70 km/h. Sämtliche Lokomotiven werden nur mehr mit Einzelachsantrieb ausgerüstet. Eine Lokomotive mit 4 Treibachsen für 180 km/h Geschwindigkeit wird z. Z. neu entwickelt. Zur Auflockerung des Personenverkehrs werden außerdem zahlreiche Oberleitungstriebwagen für Nahverkehr und Fernverkehr mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und Schnelltriebwagen für 160 km/h eingesetzt. Für Ausflugszwecke dienen Aussichtstriebwagen. Besondere Bedeutung kommt hierbei dem Bau der Stromabnehmer für hohe Geschwindigkeiten zu, die hinsichtlich der einwandfreien Stromabnahme, eines möglichst günstigen Windwiderstandes und der Unterdrückung der Rundfunkstörungen gegenwärtig eingehend bearbeitet werden. Auf der von Freiburg ausgehenden Höllentalbahn hat die Deutsche Reichsbahn in diesem Jahr einen groß angelegten Versuchsbetrieb aufgenommen, bei dem die Strecke mit 20 000 V und 50 Hz vom Badenwerk gespeist wird. Hierfür wurden zunächst 4 Lokomotiven gebaut, von denen 2 mit Gleichrichter, 1 Lokomotive mit 50 Hz-Motoren und 1 Lokomotive mit Kruppschen Einphasen- und Drehstrommotoren ausgerüstet wurden. Der Aufbau dieser Lokomotiven wurde im einzelnen besprochen.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

621. 313. 3 : 621. 317. 384 **Messen der Zusatzverluste bei Induktionsmaschinen (II)**[1]. — Benötigt werden zwei gleiche Induktionsmaschinen, die elektrisch miteinander und mechanisch mit je einer fremderregten Gleichstrommaschine von entsprechender Leistung gekuppelt sind; die Gleichstrommaschinen sind ebenfalls elektrisch verbunden und können auch mechanisch gekuppelt werden. Es werden drei verschiedene Messungen durchgeführt:

1. Die Gleichstrommaschinen werden ebenfalls gekuppelt und der Vierersatz mit einer etwas über der synchronen Drehzahl liegenden Drehzahl gefahren. Gleichstromseitig wird so viel Leistung zugeführt, daß vom Wechselstromnetz keine Leistung entnommen wird. Die als Motor gefahrene Gleichstrommaschine deckt die Verluste der vier Maschinen.
2. Die Gleichstrommaschinen werden entkuppelt und ihre Ströme auf den gleichen Wert wie bei Messung 1 eingestellt. Eine geringe Abweichung der Drehzahlen beider Motorgeneratoren zwingt eine Induktionsmaschine als Generator auf die andere als Motor zu arbeiten. Die Lastverluste beider Induktionsmaschinen werden vom Wechselstromnetz aus gedeckt.
3. Zur Kontrolle des Ergebnisses von Messung 1 wird der Strom des Gleichstromgenerators auf den gleichen Wert wie bei Messung 1 eingestellt, die dem Gleichstrommotor zugeführte Energie wird vermehrt derart, daß die dem Wechselstromnetz bei Messung 2 entnommene Leistung zu Null wird. Die Lastverluste beider Induktionsmaschinen werden vom Gleichstromnetz aus gedeckt.

Das angegebene etwas umständliche Meßverfahren gestattet die unmittelbare Messung der reinen Lastverluste (Kupferverluste + Zusatzverluste), getrennt von den Leerlaufverlusten. Die Zusatzverluste beider Maschinen ergeben sich als Differenz aus den Lastverlusten und den Kupferverlusten. Durchgeführt wurde die Messung an zwei gleichen Drehstrommaschinen mit Kurzschlußläufer für 10 PS, 550 V, 60 Hz, 1750 U/min. Die Zusatzverluste beider Maschinen werden in Abhängigkeit von der arithmetischen Summe der Ständerströme aufgetragen; die Aufteilung auf jede Maschine erfolgt nach dem im Aufsatz I beschriebenen graphischen Verfahren, wie auch die Ergebnisse nach den dort beschriebenen Meßverfahren nachgeprüft wurden. [Th. H. Morgan, V. Siegfried, Electr. Engng. 55 (1936) S. 493.] *Klt.*

Apparate und Stromrichter.

621. 383. 49 **Die Thallofidzelle.** — Die Thallofidzelle ist ein lichtempfindlicher Widerstand. Ihre Wirkungsweise beruht auf dem inneren Photoeffekt. Durch Belichtung werden im Innern des lichtempfindlichen Stoffes Elektronen freigemacht, die die Stromleitung übernehmen, d. h. der Widerstand der Zelle sinkt bei Belichtung in Abhängigkeit von dem einfallenden Lichtstrom. In Anbetracht des verhältnismäßig hohen Widerstandes kommt eine hohe Spannungsempfindlichkeit von durchschnittlich 10 V/mlm bei einem Ankopplungswiderstand von etwa 5 MΩ zustande. Der Lumenwert bezieht sich auf eine Lampentemperatur von 2600 ° abs. Die Thallofidzelle ist wegen dieser günstigen Spannungsempfindlichkeit im Gegensatz zu den Sperrschicht-Photozellen gut zur Ankopplung an einen Röhrenverstärker geeignet.

Abb. 1 zeigt die spektrale Empfindlichkeitsverteilung einer Thallofidzelle. Die rote Grenze liegt bei etwa 1200 mμ, das selektive Maximum bei rd. 1000 mμ. Dieses Maximum ist kennzeichnend für diese Zelle und macht sie, dank seiner Lage im ultraroten Spektralgebiet, zum wertvollen Empfangsteil in lichtelektrischen Steuerschaltungen, die auf unsichtbare, ultrarote Strahlen ansprechen sollen. Licht kürzerer Wellenlänge als 600 mμ darf aber die Thallofidzelle nicht treffen, da dies Anlaß zu nicht rückgängig zu machenden Umsetzungen in dem künstlichen Halbleiter sein kann.

Die Stromspannungskurve der Zelle kann im Bereich der zulässigen Betriebsspannung in erster Näherung als Gerade angesehen werden. Die notwendige Betriebsspannung — es handelt sich ja um einen belichtungsabhängigen Widerstand — soll nicht über 10 V betragen, da bei höheren

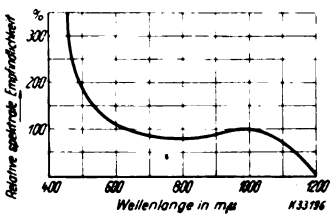


Abb. 1. Empfindlichkeitsverteilung einer Thallofidzelle.

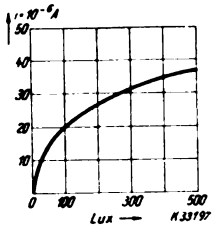


Abb. 2. Zellenstrom, abhängig von der Bellchtung.

Spannungen leicht Umsetzungen in dem lichtempfindlichen Stoff eintreten, die die Lebensdauer der Zelle beeinträchtigen. Der Innenwiderstand der Zellen ist recht groß, im Dunklen etwa 50 MΩ (wesentlich für die Ankopplung an Röhrenverstärker).

In Abb. 2 ist die Abhängigkeit des Stromes von der Belichtung wiedergegeben. Die Kurve (Mittelwert aus Messungen an vielen Zellen) ist aufgenommen mit einer Glühlampe mit der Fadentemperatur 2400 ° C unter Vorschaltung eines 1 mm dicken Rotfilters. Es ist ersichtlich, daß man nur in sehr kleinen Bereichen eine Proportionalität zwischen Belichtung und Photostrom annehmen kann. Hier sei noch erwähnt, daß man der Zelle, ohne sie zu zerstören, keine größeren Belichtungsstärken als etwa 4000 lx zumuten darf. Abb. 3 zeigt die Ansicht einer Thallofidzelle. Für die Anwendung ist zu beachten, daß die Zelle eine geringere Trägheit wie die Selenwiderstandszelle aufweist, die aber doch für verschiedene Anwendungen noch ins Gewicht fallen kann. Die Konstanz der Zelle ist für die meisten Verwendungsgebiete unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln — Vermeidung großer Temperaturunterschiede — ausreichend. Die Beachtung derartiger Vorsichtsmaßregeln wird aber in Anbetracht der unübertroffenen Rotempfindlichkeit der Thallofidzelle gern in Kauf genommen werden. Anwendungsgebiete sind neben der Ultrarottelephonie sämtliche Relaiszwecke. *f.*

Abb. 3. Thallofidzelle.

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 31. 083. 5 **Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung; Strommesserverfahren.** — Im Anschluß an die in einer früheren Arbeit[1]) beschriebenen, der Kompensationsmethode von Poggendorf und Du Bois-Raymond entsprechenden „Schleifdrahtverfahren" behandelt W. Geyger die auf der Kompensationsmethode von Lindeck und Rothe beruhenden „Strommesserverfahren", bei denen die zu messende Spannung als stetig veränderbarer Strom abgebildet wird, der auf einen als Anzeige-, Schreib- oder Zählgerät ausgebildeten Strommesser einwirkt. Zu-

[1]) Aufsatz I: Electr. Engng. 53 (1934) S. 286; vgl. auch ETZ 55 (1934) S. 748.

[1]) W. Geyger, Arch. techn. Mess. 5 (1936) Lfg. 57, J 932-1.

Digitized by Google

nächst werden die für Spannungs-, Strom- und Drehmomentmessungen gebräuchlichen Meßschaltungen und dann die verschiedenartigen Kompensationseinrichtungen mit einem durch einen Schleifkontakt veränderbaren Regelwiderstand bzw. mit einem als Verstärkeranordnung ausgebildeten Regelwiderstand besprochen, und zwar 1. Anordnungen mit Kontakt- oder Relaisvorrichtungen, 2. Anordnungen mit Nullmotor, 3. Kompensatoren mit Bolometer- oder Photozellenverstärker oder mit einer als Hochfrequenzgenerator geschalteten Elektronenröhre, 4. Kompensator mit Induktionsspule und Röhrenverstärker. Anschließend werden die Eigenschaften der auf dem Strommesserverfahren beruhenden Gleichstromkompensatoren (Empfindlichkeit und Meßbereich, Einstellgeschwindigkeit, Einflußgrößen, Meßgenauigkeit) kurz besprochen. [W. Geyger, Arch. techn. Mess. 5 (1936) Lfg. 59 J 932-2.] *eb.*

Elektrisches Prüfamt 43. — Dem Überlandwerk Nord-Hannover A.-G. in Bremen ist die Genehmigung erteilt worden[1]), als „Elektrisches Prüfamt 43" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom bis 100 A . . . . . 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 200 A . . 500 V.

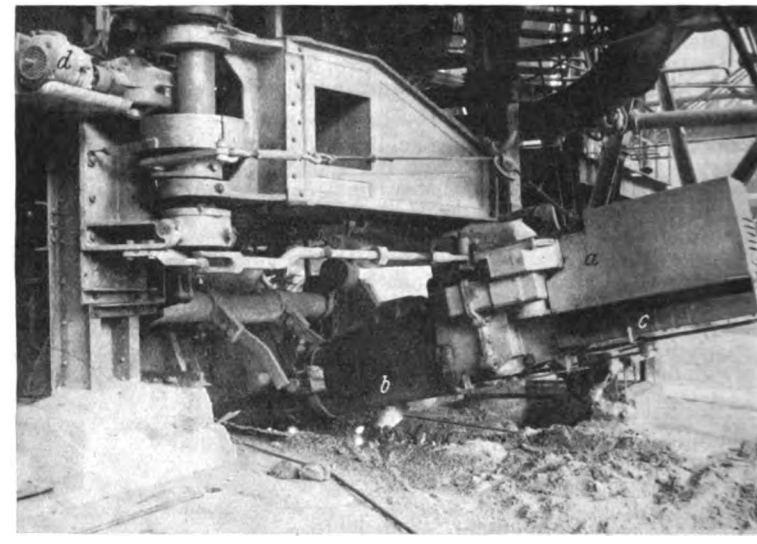
Beleuchtung.

535. 37 : 621. 3 **Technische Anwendungen der Luminophore.** — N. Riehl behandelte die Eigenschaften und die technische Bedeutung der Luminophore, d. h. der Stoffe, die unter der Einwirkung auftreffender Strahlung gleichzeitig („Fluoreszenz") oder nachwirkend („Phosphoreszenz") Licht abgeben. Die Entdeckung der Lumineszenzerscheinungen geht bis ins 17. Jahrhundert zurück. In neuerer Zeit wurde ihr Studium vor allem durch Lenard und Tomaschek gefördert, die den Vorgang der hierbei vor sich gehenden Strahlungsumformung gedeutet haben[2]). Eine der ältesten technischen Anwendungen haben die Luminophore in der Röntgentechnik gefunden, wo der Leuchtschirm (z. B. Bariumplatinzyanür) für die Durchleuchtung verwendet wird. Neuerdings konnte die Leuchtwirkung dieser Schirme immer mehr gesteigert werden, so daß auch Röntgengeräte geringer Leistung verwendet und röntgenkinematographische Aufnahmen ermöglicht werden konnten. Auf Fluoreszenzwirkungen beruhen ferner die Verstärkerfolien, die auf die Schicht des Röntgenfilms aufgelegt werden und eine bessere Durchzeichnung der Aufnahme bzw. kürzere Belichtungszeit ergeben. Bei der Betrachtung von Röntgenaufnahmen bewirkt ein hinter den Film gelegter Leuchtschirm, der bei Bestrahlung mit Ultraviolett aufleuchtet, eine Kontraststeigerung gegenüber der Beleuchtung mit sichtbarem Licht. Beim Fernsehen und in der Hochfrequenz-Meßtechnik werden die Luminophore in ausgedehntem Maße als Leuchtschirme in der Kathodenstrahlröhre verwendet. In der Bühnen- und Lichtreklametechnik werden mit verschiedenfarbigen Luminophoren die mannigfachsten Farbeffekte erzielt. Luminophore mit Beimengungen radioaktiver Substanzen dienen als Leuchtfarben für selbstleuchtende Zifferblätter auf Uhren und Instrumenten. Ihre jüngste Anwendung haben die Luminophore in der Technik der Lichterzeugung gefunden, da sie es ermöglichen, auch die Ultraviolettstrahlung einer Lichtquelle in sichtbare Strahlung umzuwandeln und damit die Lichtausbeute zu erhöhen. Außerdem gestatten sie, die Farbe von Gasentladungslampen dadurch zu verbessern, daß sie die selektive, aus einzelnen Wellenlängen bestehende Lichtstrahlung dieser Lichtquellen durch ein zusätzliches kontinuierliches Spektrum ergänzen und z. B. in Verbindung mit Quecksilberdampflampen das im Spektrum fehlende Rot liefern. [N. Riehl, Vortrag VDE und Dtsch. Lichttechn. Ges. am 23. 4. 1936.] *Frh.*

[1]) Reichsanzeiger Nr. 184 vom 10. 8. 1936.
[2]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 649.

Bergbau und Hütte.

621. 34 : 669. 04 **Eine Elektro-Stichlochstopfmaschine für Hochöfen.** — Zum Stopfen des Stichloches von Hochöfen, welche Arbeit bei den alten Maschinen stets mit einer Gefahr für die Bedienungsleute verbunden war, ist neuerdings eine rein elektrisch angetriebene Stopfmaschine nach Abb. 4 entwickelt worden. Bei dieser Maschine ist ein umkehrbarer Elektromotor *a* vorgesehen, der über ein selbsthemmendes Schneckengetriebe und ein Stirnradvorgelege mittels zweier Ritzel eine doppelseitig verzahnte Zahnstange antreibt; mit ihrem vorderen Ende ist die Zahnstange im Lehmkolben befestigt, d. h. in dem das Ausstoßen der Lehm- oder Stopfmasse ausführenden Kolben. Diese Kolbenarbeit und demnach die Geschwindigkeit der ausgestoßenen Stopfmasse ist vollkommen gleichbleibend und auch unabhängig von dem jeweiligen Luftdruck, der im Hochofen herrscht. Am Lehmkolben ist eine Anzeigestange *c* befestigt, die die Lage des Kolbens im Zylinder *b* und den Verbrauch an Stopfmasse für eine Stopfung anzeigt. Der Zylinder der Maschine kann 250 l aufnehmen und ist damit so groß, daß ein Nachstopfen nicht mehr nötig ist. Sobald der Stopfkolben die Endstellung erreicht, schaltet sich der Stopfmotor selbsttätig aus. Der 20 PS starke Umkehrmotor wird nicht durch Rückdruck auf den Stopfkolben umgekehrt, sondern durch das dazwischen liegende selbsthemmende Schneckengetriebe. Die ganze Maschine ist an einem Schwenkkran ausgehängt. Ein umkehrbarer Elektromotor *d* treibt wieder über ein Vorgelege und über einen selbsthemmenden Schneckentrieb eine Seiltrommel an. Auf dieser Trommel ist ein Drahtseil aufgewickelt, dessen eines Ende an der Säule der Aufhängekonsole befestigt ist, während das andere Ende



a, d Elektromotoren *b* Zylinder *c* Anzeigestange

Abb. 4. Elektrische Stichlochstopfmaschine.

mit dem Ofenpanzer in Verbindung steht. Durch Drehen der Trommel wird die Maschine aus- oder eingeschwenkt. Gegenüber den Stichlochstopfmaschinen mit Druckluftantrieb erweist sich die neue Maschine als besonders wirtschaftlich. Dazu kommt, daß alle Rohrleitungen für Druckluft und ihre Wartung in Fortfall kommen. Seit Januar 1936 befindet sich eine solche Maschine auf den Röchlingschen Eisen- und Stahlwerken AG., Völklingen, in Betrieb. *Kp.*

Verkehrstechnik.

621. 335. 4. 033. 91 **Neue Oberleitungsomnibusse und Bahnelektrisierungen in Italien.** — Mit dem Anwachsen der Bevölkerung wird auch in Italien die Verkehrsfrage ständig von größerer Wichtigkeit. Als Verkehrsmittel in Städten hat in letzter Zeit der Oberleitungsomnibus eine starke Zunahme erfahren. Nach den ersten Versuchen in Turin, Mailand und Rom sind nun auch in Triest, Venedig und Leghorn Obuslinien in Betrieb genommen worden. Auch die Städte Verona, Imperia und San

Digitized by Google

Remo haben sich zu ihrer Einführung entschieden. Zwei Normalausführungen werden hauptsächlich gebaut: die kleinere Type bei einem Gesamtfassungsvermögen von 50 Personen mit zwei Motoren von je 26 kW, die größere hat ein Fassungsvermögen von 73 Personen, eine Gesamtlänge von etwa 10 m und zwei Motoren von je 45 kW Leistung. Bei beiden Ausführungen sind die Hinterräder von je einem Motor angetrieben, so daß ein mechanisches Differential entfällt. Die Wagen haben Vierrad-Luftdruckbremse, der größere außerdem elektrische Kurzschlußbremse. Äußerlich unterscheiden sie sich nicht von den auch bei uns üblichen Bauarten. In Venedig versehen fünfzehn Obusse den Personenverkehr zwischen der Stadt und dem Festlande. Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 km/h und einer Vierminuten-Wagenfolge bei stärkstem Verkehr legen die Wagen im Mittel je 180 km täglich zurück. Die Stadt Leghorn hat ein Obusnetz von 34 km Länge und 35 Wagen im Betrieb.

An Vorortlinien wird nach der Strecke Mailand—Como nun auch die Linie Modena—Vignola elektrisiert, und zwar mit einer Fahrdrahtspannung von 3300 V Gleichstrom. Die Züge sollen aus einem Triebwagen und einem Anhängewagen bestehen. Die Triebwagen erhalten zwei Motoren mit einer Stundenleistung von je 92 kW bei 1500 V, die dauernd in Reihe geschaltet sind. Die elektrische Ausrüstung sieht selbsttätige elektropneumatische Steuerung vor. In der Ebene werden Geschwindigkeiten von 72 km/h bei vollem und 76 km/h bei geschwächtem Motorfeld erreicht. [Electrician 116 (1936) S. 807.] *Dtt.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 317. 754 **Zum Vorgang im Braunschen Rohr.** — Nach einem Überblick über die Entwicklung des Oszillographen mit Braunscher Röhre werden von Orth, Richards und Headrick an einem Versuchsgerät die Anforderungen dargelegt, die an den einwandfreien Betrieb eines Oszillographen zu stellen sind. Die Vorteile der Hochvakuumröhre gegenüber der gasgefüllten Röhre werden aufgezählt und die Möglichkeiten der Vereinigung des Elektronenstrahles einer Hochvakuumröhre in einem Brennpunkt besprochen. In Frage kommt hierbei die Verwendung magnetischer oder elektrischer Felder; dabei sind bei magnetischen Feldern große Feldstärken erforderlich, so daß elektrostatische Felder vorzuziehen sind. Im letztgenannten Falle ist für die Brennpunktseinstellung lediglich das Verhältnis der Spannungen zweier benachbarter Elektroden maßgebend, die in Abb. 5 a mit A_1 und A_2 bezeichnet sind; praktisch beträgt die positive Vorspannung der näher zur Kathode gelegenen Elektrode den vierten bis fünften Teil der positiven Vorspannung der näher zum Leuchtschirm gelegenen Elektrode. Der genaue Verlauf des Elektronenstrahles von der Kathode bis zur Vereinigung in dem auf dem Leuchtschirm liegenden Brennpunkt ist in Abb. 5 a dargestellt, während Abb. 5 b die Abhängigkeit der Schärfe des Brennpunktes, d. h. also der Größe des Leuchtfleckes, von der Höhe der positiven Vorspannung der näher zur Kathode gelegenen Elektrode A_2 bei sonst festen Spannungswerten zeigt. Wie man daraus ersieht, divergiert bei hohen Werten der positiven Vorspannung dieser Elektrode der Elektronenstrahl gegen den Leuchtschirm zu; eine Erniedrigung der Vorspannung hat eine Verminderung der Divergenz zur Folge, bis bei einer bestimmten Spannung der Elektronenstrahl durchweg die gleiche Stärke hat und bei weiterer Erniedrigung der Spannung gegen den Leuchtschirm zu konvergiert; dabei wird der Abstand des Brennpunktes von der Anode um so kleiner, je niedriger die Vorspannung ist. Weiterhin ändert sich die Größe des Leuchtfleckes mit der Vorspannung der Elektrode A_1, indem eine Erhöhung dieser Spannung eine Verkleinerung des Fleckdurchmessers zur Folge hat, während eine Vergrößerung des Elektronenstromes (Vergrößerung der Heizleistung, Verminderung der negativen Vorspannung der Steuerelektrode A_0) eine Vergrößerung des Fleckdurchmessers bewirkt, der mit der Quadratwurzel aus der Elektronenstromstärke zunimmt.

Von den für den Leuchtschirm geeigneten Leuchtstoffen wird Zinkkieselerz wegen seiner der spektralen Empfindlichkeit des Auges ausgezeichnet angepaßten Energieverteilung eingehend behandelt und seine Arbeitsweise in einer Reihe von Kennlinien dargelegt. Hinsichtlich der Abhängigkeit der Lichtstärke (in Kerzenstärken je Watt der im Elektronenstrahl enthaltenen Gleichstromleistung) des Leuchtfleckes von den Betriebsbedingungen läßt sich feststellen, daß diese mit zunehmendem Elektronenstrom abnimmt und mit zunehmender Vorspannung der Elektrode A_1 zunimmt, um sich nicht mehr zu ändern, wenn letztere eine Höhe von 8000 bis 9000 V erreicht hat. Die räumliche Verteilung der Lichtstärke folgt sehr genau dem Kosinusgesetz. In der Folge wird die grundsätzliche Bedeutung der Entstehung von Sekundärelektronen beim Aufprall des Elektronenstrahles auf den Leuchtschirm erklärt: Die Sekundärelektronen verhindern die Ausbildung von Aufladungen des Schirmes und damit die Ausbildung eines Kathodenfalles vor ihm.

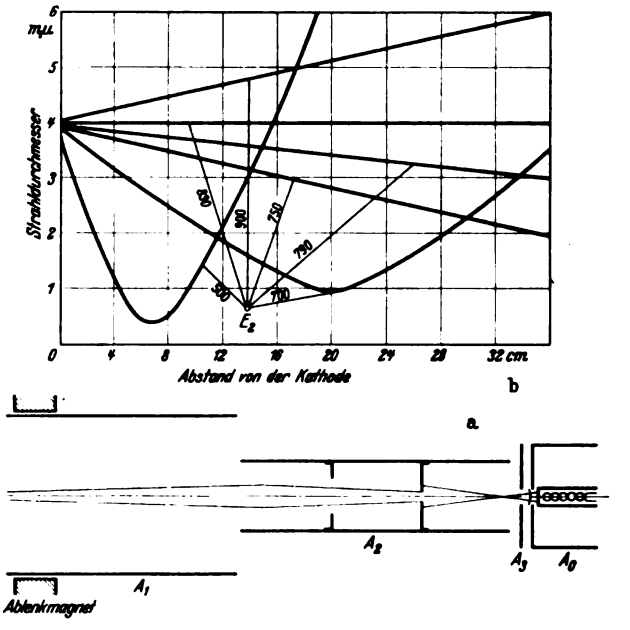


Abb. 5. Elektronenstrahlverlauf (a) und Abhängigkeit (b) des Strahldurchmessers von einer der Betriebsspannungen in verschiedenen Entfernungen von der Kathode.

Die zur Ablenkung des Elektronenstrahles nach den beiden Richtungen anwendbaren Verfahren zerfallen wieder in zwei Gruppen: magnetische und elektrostatische Ablenkung. Bei Anwendung des magnetischen Verfahrens können die beiden hierzu nötigen Magnetfelder an der gleichen Stelle des Elektronenstrahles zur Wirkung gebracht werden. Wollte man dasselbe mit elektrostatischen Feldern versuchen, so würde man verzerrte Bilder erhalten; in diesem Falle empfiehlt es sich, die Ablenkplattenpaare an hintereinanderliegenden Punkten des Elektronenstrahles zur Wirkung zu bringen. Wenn höchste Anforderungen an die Verzerrungsfreiheit der Abbildungen gestellt werden, ist eine Gemischtablenkung angebracht, bei der zur Erzielung einer Ablenkung nach beiden Richtungen an der gleichen Stelle auf den Strahl ein magnetisches und, geeignet gegen dieses versetzt, ein elektrostatisches Feld einwirkt. Der Anwendungsbereich der rein magnetischen Ablenkung ist bei Benutzung von Eisenkernen naturgemäß auf die Untersuchung niederfrequenter Schwingungsvorgänge beschränkt; er läßt sich bei Verwendung kapazitätsarm gewickelter Luftspulen auf das Hochfrequenzgebiet ausdehnen, doch bietet hier die elektrostatische Ablenkung den Vorteil größerer Einfachheit und weitergehender Frequenzunabhängigkeit. Die Grenzen der Anwendbarkeit dieses Verfahrens sind erst dann erreicht, wenn die Elektronenlaufzeit von einem Plattenpaar zum anderen in die Größenordnung der Schwingungsdauer des untersuchten Vorgangs kommt; in diesem Falle treten Phasenverzerrungen auf. Zur ungefähren Berechnung dieser Grenze kann folgende Formel für die Elektronengeschwindigkeit benutzt werden:

$$v = 5{,}97 \cdot 10^7 \sqrt{E_1} \text{ in cm s}^{-1},$$

wo E_1 die positive Vorspannung (Volt) der dem Leuchtschirm an nächsten gelegenen Elektrode bedeutet. Ganz

Digitized by Google

allgemein gilt für die Empfindlichkeit bei Anwendung des elektrostatischen Ablenkverfahrens, daß die mit einem Plattenpaar erreichbare Ablenkung proportional dem Abstand des Plattenpaares vom Leuchtschirm und umgekehrt proportional der Vorspannung der Elektrode A_1 ist. Bei Anwendung des magnetischen Verfahrens gilt für die Ablenkung d (mm) je Einheit der magnetischen Feldstärke H (Ørstedt)

$$d/H = 2{,}98/\sqrt{E_1(l_1\, l_2 + l_1^2/2)},$$

wo l_1 die wirksame Länge der Polschuhe, l_2 den kürzesten Abstand des Leuchtschirms von den Polschuhen und E_1 die positive Vorspannung der Elektrode A_1 bedeutet. Bei der Verteilung der beiden Ablenkplattenpaare auf den Zeitkreis und den zu untersuchenden Kreis ist zu beachten, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, ob Spannungsänderungen an dem der Kathode ferner gelegenen oder näheren Plattenpaare vorgenommen werden. In ersterem Falle bewirken, wie Versuche zeigen, kleine Spannungsänderungen in der positiven Richtung eine stärkere Zunahme des Stromes als im zweiten Falle; diese Tatsache läßt sich bezüglich eines Scheinwiderstandes des Plattenzwischenraumes so ausdrücken, daß dieser Scheinwiderstand beim leuchtschirmnahen Plattenpaare im Betriebszustande der Röhre mit der Größe der Wechselspannung in höherem Maße abnimmt als beim kathodennahen Plattenpaare, so daß in jedem Falle der Einfluß dieses Widerstandes, der parallel zu den außenliegenden Kreisen liegt, bei der Verteilung der Plattenpaare zu berücksichtigen ist. Zum Schlusse werden die beim Arbeiten mit Braunschen Röhren hauptsächlich zu beachtenden Vorsichtsmaßregeln mitgeteilt. [Orth, Richards u. Headrick, Proc. Inst. Radio Engr. 23 (1935) S. 1308.] *E. C. M.*

538. 561 **Zum Mechanismus der Hochfrequenzentladung.** — Die Hochfrequenzentladung zeichnet sich durch ihre niedrige Brennspannung aus; ist es doch bei 10^8 Hz möglich, die Entladung bei einer Spannung zu brennen, die unterhalb der niedrigsten Anregungsspannung des Füllgases liegt. Um diese Erscheinung zu klären, untersucht H. Beck das Spektrum der Hochfrequenzentladung im Vergleich mit einer unter gleichen Bedingungen brennenden Gleichstromentladung. Er findet entgegen früherer Anschauung keine spektralen Intensitätsunterschiede gegenüber einer positiven Gleichstromsäule. Weiter ergeben Absorptionsmessungen die gleiche Anzahl angeregter Zustände wie in der positiven Gleichstromsäule. Endlich zeigen Sondenmessungen, daß die Elektronentemperaturen in einem größeren Druckbereich mit denen in der positiven Säule übereinstimmen. In der positiven Säule besteht nun, wie man heute mit ziemlicher Sicherheit annehmen kann, eine Maxwellsche Verteilung der Elektronengeschwindigkeiten, d. h. es treten auch Elektronen mit Geschwindigkeiten auf, die weit über der mittleren liegen. Wie diese Verteilung entsteht, ist noch nicht geklärt und wird auch durch die vorliegende Arbeit nicht beantwortet. Sie zeigt aber, daß die Entstehung schneller ionisierungsfähiger Elektronen in der Hochfrequenzentladung wahrscheinlich auf den gleichen Mechanismus zurückzuführen ist, der in der positiven Säule der Gleichstromentladung wirksam ist. [H. Beck, Z. Physik 97 (1935) S. 355.] *Br.*

551. 594. 5 **Luftelektrische Untersuchungen während des Polarjahres** — Die französische Expedition hat während des Polarjahres 1932/33 am Scoresby Sund umfangreiche Messungen über das erdelektrische Feld, die Luftionisation und den Vertikalstrom durchgeführt. Zum erstenmal konnten diese Messungen während eines ganzen Jahres und mit der Sorgfalt ausgeführt werden, die ein gut ausgestattetes Laboratorium erlaubt, das von den Wohnräumen getrennt und durch eine Zentralheizung auf gleichmäßiger Temperatur gehalten ist. Das elektrische Feld zeigt einen mittleren Wert von 71 V/m mit einem Maximum von 95 V/m im November und einem Minimum von 59 V/m im April/Mai. Der tägliche Gang zeigt im Winter ein ausgeprägtes Maximum von 105 V/m um 18 h und ein Minimum von 72 V/m um 2 h. Er wird gegen Ende des Winters kleiner, verschwindet im Mai und erscheint wieder im Juli. Das Feld wird durch Schnee, Regen und Wind stark beeinflußt, hängt aber nicht ab vom Luftdruck, der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und auch nicht von der Häufigkeit der Nordlichter. Das Feld ist also am Scoresby Sund um die Hälfte kleiner als über dem Ozean in niedrigeren Breiten und etwa mit dem Feld vergleichbar, das in unsern Breiten in einer Höhe von 2 bis 3 km herrscht. Besonders auffällig und bisher unbekannt ist das Verschwinden des täglichen Ganges mit dem Auftreten des dauernden Polartages im Mai. Die elektrische Leitfähigkeit zeigt eine starke Unsymmetrie für die Ionen verschiedenen Vorzeichens ($\lambda_+ = 1{,}40 \cdot 10^{-4}\ s^{-1}$, $\lambda_- = 1{,}06 \cdot 10^{-4}\ s^{-1}$). Sie zeigt einen täglichen Gang, der dem des Feldes entgegengesetzt ist und auch im April/Mai verschwindet. Im Sommer wächst sie stark an. Der Vertikalstrom hat denselben täglichen Gang wie die Leitfähigkeit; sein Jahresminimum liegt am Frühlingspunkt. Sein Mittelwert ist klein, $i = 1{,}7 \cdot 10^{-16}\ A/cm^2$, beträchtlich geringer als über dem Ozean. [M. A. Dauvillier, J. Physique Radium 6 (1935) S. 420.] *Wba.*

Werkstatt und Baustoffe.

621. 9 : 666. 6/7 **Hartmetallwerkzeuge für die Bearbeitung von Steingut, Porzellan und Glas.** — Vornehmlich werden Hartmetallwerkzeuge für die Bearbeitung von Porzellan, Steingut und Glas verwendet, die mit Schneiden aus Widia-Metall ausgerüstet sind. In der Installationstechnik treten derartige Bearbeitungsfragen bei der Anbringung von Leitungen, Schaltern und Geräten in Räumen, die mit den angegebenen Werkstoffen ausgekleidet sind, oft auf. Gewöhnliches Steingut erfordert zum Bohren Spiralbohrer, deren Spitze eine Hartmetallschneide trägt. Der Spitzenwinkel beträgt je nach Art des Werkstoffes 80 bis 90 °. Auch Spitzbohrer und Zweischneider mit Spanbrechernute finden Verwendung. Harte Steingut- und Porzellanarten erfordern Bohrer mit voller Widia-Spitze. Bevorzugt benutzt man Widia-Dreikantbohrer. Zur Vermeidung des Ausbrechens der Bohrer muß auf gute und sichere Führung beim Bearbeiten geachtet werden. Dünnwandige Steingut- und Porzellanteile werden mit Spitzbohrern bei hohen Drehzahlen und etwa 30 ° Spitzenwinkel bruchsicher gebohrt. Für das Senken, Ausreiben, Fräsen, Sägen und Drehen sind die entsprechenden Sonderwerkzeuge mit Widia-Schneiden entwickelt, die unter Beachtung der verschiedenen Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten und bei sachgemäßer Abführung des anfallenden Bohrmehles eine gute Bearbeitung gestatten. Zum Kreisschneiden, z. B. Ausschneiden eines größeren Loches in einer Fliesenwand zum Einsetzen eines Schalters, werden neuerdings „Kreisschneider" mit Widia-Bestückung benutzt, die innerhalb weniger Minuten ein sauberes Loch ohne Bruch der Fliesen herzustellen gestatten. Ferner sind entwickelt Flächenfräser zum Einlassen von Lochvertiefungen, Fliesenschneider, die mit einem Widia-Rädchen arbeiten, Nutenfräser, Steingutmeißel, Körner, Anreißnadeln und Ritzer, deren Schneiden aus Widia-Stahl bestehen und die sich für die Bearbeitung von Steingut, Porzellan und Glas eignen. Für das Bohren von Glas, das möglichst mit waagerecht liegender Spindel vorgenommen werden soll, benutzt man schraubig genutete, spitzwinklige Bohrer, die bei Glasstärken unter 3 mm möglichst einen federnden Schaft haben sollen. Das Schleifen der Hartmetallwerkzeuge erfolgt mit besonderen Schleifscheiben unter Vermeidung übermäßiger Erwärmung und bei geringem Schleifdruck. Die Auflagefläche des Hartmetalls bei Bohrern darf nicht durch Hinterschleifen geschwächt werden. [E. Dinglinger, Werkst.-Techn. 30 (1936) S. 167.] *Ast.*

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Die Elektrizitätswirtschaft in der Tschechoslowakei.

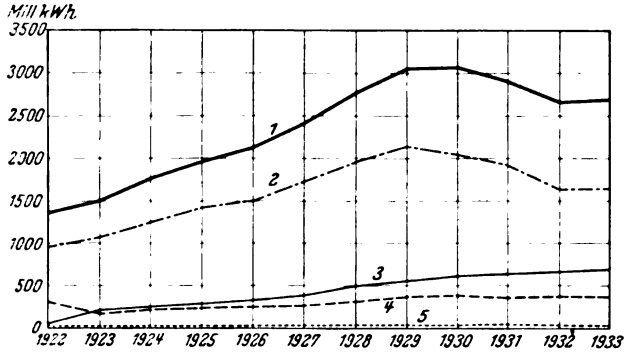
Von Gustav W. Meyer VDE, Bodenbach.

621. 311. 1. 003. 1 (437)

Übersicht[1]). Nach einem kurzen Rückblick über die bisherige Entwicklung der tschechoslowakischen Elektrizitätswirtschaft wird auf den gegenwärtigen Stand derselben näher eingegangen. Angaben über den Anteil der verschiedenen Elektrizitätswerke und Antriebskräfte an der Versorgung des Staates gemacht, die Tariffrage gestreift und über den gegenwärtigen Stand der Elektrisierung der tschechoslowakischen Staatsbahnen berichtet.

1. Allgemeines.

Während sich die Errichtung neuer Elektrizitätswerke und der Ausbau der Hochspannungs- und Verteilungsnetze in den ersten Nachkriegsjahren, gefördert durch eine im natürlichen Reichtum des neu erstandenen Staates begründete glänzende Wirtschaftskonjunktur, geradezu in stürmischer Weise vollzog, ist hier seit dem Jahre 1929 ein Stillstand, in den letzten Jahren sogar ein deutliches Abfallen dieser Entwicklung festzustellen. Dies lassen auch die Kurven der Elektrizitätserzeugung bzw. des Elektrizitätsverbrauches in Abb. 1



1 gesamter Stromverbrauch
2 Erzeugung der Eigenanlagen der Industrie
3 Erzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke mit Gemeinnützigkeitsrecht
4 Erzeugung der öffentlichen Elektrizitätswerke ohne Gemeinnützigkeitsrecht (kommunale und private Elektrizitätswerke)
5 vom Ausland eingeführte elektrische Arbeit

Abb. 1. Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit.

deutlich erkennen. Man kann hiernach feststellen, daß der Höhepunkt für die Gesamterzeugung im Jahre 1929 erreicht wurde und dann ein leichtes, später schärferes Abgleiten bzw. Stabilisierung des Verbrauches zu verzeichnen ist. Wenn bei den öffentlichen Elektrizitätswerken (Kurve *3* und *4*) diese abfallende Richtung nicht zum Ausdruck gelangt, so ist dies vor allem auf die größere Krisenfestigkeit des Lichtstromes wie auch darauf zurückzuführen, daß es den öffentlichen Elektrizitätswerken mit Erfolg gelang, als Ersatz für den verminderten Industriebedarf die Elektrisierung des Haushaltes heranzuziehen. Die Verselbständigungsbestrebungen, welche sich auch auf dem Gebiete der tschechoslowakischen Elektrizitätswirtschaft bemerkbar machen, sind ferner unschwer aus dem Verlaufe der entsprechenden Kurve (*5*) zu erkennen. Während die Einfuhr elektrischer Arbeit, hauptsächlich aus dem Freistaat Sachsen nach dem nördlichen Böhmen, im Jahre 1930 noch 22,2 Mill kWh betrug, ist dieselbe 1933 bereits auf 17 Mill kWh gesunken (— 0,6 % der Gesamterzeugung in diesem Jahr). Dadurch daß die betreffenden Stromverträge jetzt abgelaufen sind und dafür die Nordböhmischen Elektrizitätswerke AG., Bodenbach, die Strombelieferung dieses nördlichsten Böhmens übernommen hat, ist die Stromeinfuhr noch weiter gefallen, was hier noch nicht zum Ausdruck gelangen konnte.

Nachstehend (Zahlentafel 1) einige statistische Zahlen nach dem Stande Ende 1933.

[1]) Vergl. G. W. Meyer, Die Elektrizitätswirtschaft in der Tschechoslowakei, ETZ 55 (1934) S. 370; Knab, Die öffentliche Stromversorgung Mähren-Schlesiens ČSR. ETZ 56 (1935) S. 588; G. W. Meyer, Errichtung einer nordböhmischen Sammelschiene, ETZ 56 (1935) S. 683.

Zahlentafel 1.

Bezeichnungen der Elektrizitätsunternehmen	Jahreserzeugung in Mill kWh	anteiliger Hundertsatz
Eigenanlagen der Industrie (Fabrikzentralen)	1648,9	61,5
selbständige Elektrizitätswerke (private, städtische und genossenschaftliche Elektrizitätswerke)	356,5	13,3
Elektrizitätswerke mit sog. Gemeinnützigkeitsrecht, bei welchen der Staat finanziell beteiligt ist und welche direkt dem Ministerium für öffentliche Arbeiten unterstehen	658,4	24,6
vom Ausland (vorwiegend Deutschland) eingeführte elektr. Arbeit	17,0	0,6
Gesamterzeugung	2680,8	100 %

Die gesamte Länge der Hochspannungsleitungen dieser Werke betrug Ende 1933 33 203 km. Die Zahl der mit Elektrizität versorgten Gemeinden betrug 8802 oder 57,3 % aller Gemeinden mit einer Einwohnerzahl von 10 803 956 oder 72 % der Gesamtbevölkerung. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Jahres-Kopfverbrauch von 178 kWh. Das Versorgungsgebiet der Elektrizitätswerke ohne „Gemeinnützigkeitsrechte" erstreckt sich hauptsächlich auf die deutschen Randgebiete der Republik, während die staatlichen „gemeinnützigen" Werke mehr im Inneren und weniger industriell entwickelten Teile der Republik gelegen sind.

2. Antriebskraft.

Als Antriebskraft der öffentlichen Elektrizitätswerke und der Eigenanlagen kommt überwiegend die Dampfkraft zur Anwendung. Es entfallen nach der „ESČ"-Statistik von der Jahreserzeugung nach der Antriebskraft geordnet (Stand Ende 1933):

	Mill kWh		in %
auf Dampfkraft	2239,8	oder	84,12
„ Wasserkraft	289,5	„	10,87
„ Naphthamotoren	22,6	„	0,85
„ Leuchtgasmotoren	111,9	„	4,16
	2663,8		100

Der Anteil der Wasserkraft an der Jahreserzeugung dürfte schon in nächster Zeit insofern eine Zunahme erfahren, als im Rahmen des Arbeitsbeschaffungsprogramms der Regierung eine Reihe von Wasserkraftwerken im Bau sind bzw. sich der Fertigstellung nähern.

Dazu gehört vor allem das nunmehr fertiggestellte Wasserkraftwerk Schreckenstein bei Außig a. d. Elbe, welches eine Staustufe von 7 m ausnutzt, welche später auf 9 m erhöht werden soll. Die Baukosten betragen 26,3 Mill RM, sie werden beim Endstau von 9 m auf insgesamt 29 Mill RM steigen. Demgegenüber dürfte die voraussichtliche Jahreserzeugung mit Rücksicht auf die langen Trockenperioden und ungünstige Wasserführung der Elbe im Sommer im Durchschnitt nur etwa 108,5 Mill kWh betragen. Aufgestellt sind 3 Kaplanturbinen mit einem Schluckvermögen von je 100 m³/s und einer Leistung von 6000 kW. Die Generatoren liefern 10 kV. Diese Spannung wird in Umspannern auf 35 bzw. 110 kV gebracht. Mit dieser Spannung wird das Werk mit dem staatlichen Elektrizitätswerk Seestadtl bei Komotau zusammen auf die geplante nordböhmische Sammelschiene arbeiten[2]). Außer diesem größten Wasserkraftwerk der Tschechoslowakei, dessen Hauptabnehmer der Außiger Verein für chemische und metallurgische Produktion mit 6000 kW ist, sind noch folgende Wasserkraftwerke im Bau bzw. letzthin fertiggestellt worden: Ledecz an der Waag (90 Mill kWh), Kosteletz a. d. Elbe (11 Mill kWh), Wrane a. d. Moldau (66 Mill kWh), zwei Kraftwerke bei Ungvar (11 bzw. 8 Mill kWh). In Vorbereitung ist der Bau des Kraftwerkes bei Pastwin an dem Wilden Adler, bei Stechowitz a. d. Moldau, bei den Krausbauden, bei Königinhof, bei Smiritz sowie vier weitere kleinere Werke.

[2]) ETZ 56 (1935) S. 683.

Digitized by Google

Über die in der Tschechoslowakei befindlichen Wärmekraftwerke ist an dieser Stelle schon wiederholt berichtet worden. Ganz besonders sei hier auf die vielfach angewandte Kupplung zwischen Heiz- und Kraftbetrieb (wie sie z. B. bei einer Reihe von Zuckerfabriken und beim Fernheizwerk Brünn zur erfolgreichen Anwendung gelangt) und auf die Benutzung von Höchstdruckdampf (wie z. B. beim Kraftwerk Třebovice[3])) hingewiesen.

3. Elektrizitätstarife.

Die angewandten Tarifarten unterscheiden sich nicht wesentlich von denen in den Nachbarländern.

Infolge des Abfallens des Industrieverbrauches haben auch hier die Werke der Förderung des Elektrizitätsverbrauches im Haushalte durch entsprechende Werbemaßnahmen ihre wachsende Aufmerksamkeit gewidmet. Namentlich die Prager städt. elektrischen Unternehmen wie auch die Nordböhmische Elektrizitätswerke AG., Bodenbach, sind hier mit gutem Beispiel vorangegangen, sie haben namhafte Erfolge erzielt. Nach Einführung des auf die Zahl der benutzten Wohnräume beruhenden Haushalttarifes letzterer Gesellschaft stieg z. B. die Zahl der Benutzer desselben innerhalb 7 Monaten auf 7000 und die entsprechende Zunahme der Belastung im Kraftwerk innerhalb 4 Monaten auf 2200 kW.

4. Bahnelektrisierung.

Wenn von den zahlreichen hier bestehenden Plänen (erwähnt sei hier nur das der Staatsbahnstrecke Prag—Böhm. Trübau und Prag—Pilsen) noch keines in Angriff genommen wurde, so ist dies lediglich auf die schlechte wirtschaftliche Lage der Staatsbahnen, deren Jahresfehlbetrag bis 120 Mill RM erreichte, zurückzuführen. Ursache dafür ist die ungünstige Beschäftigung der tschechoslowakischen Industrie (welche zu einem Niedergang, ja Lahmlegung zahlreicher Industrien besonders der in Nordböhmen gelegenen Glas-, Porzellan-, Bijouterie- und Textilindustrie führte) wie auch der steigende Wettbewerb des Kraftwagenverkehrs. Wenn sich trotzdem die wirtschaftliche Lage der Staatsbahnen im letzten Jahre etwas gebessert hat, was sich namentlich in einer kleinen Verringerung des Fehlbetrages kenntlich macht, so ist dies neben anderen Sparmaßnahmen vor allem auf die weitgehende Motorisierung bisher unrentabel arbeitender Strecken mit ungenügendem Verkehr bzw. auf die Auflockerung desselben mittels Motorwagen zurückzuführen.

Mitte 1935 waren 30 vierachsige und 140 zweiachsige Triebwagen mit dieselelektrischem Antrieb neben fast 300 Triebwagen mit reinem Dieselantrieb (mechanischer Übertragung) in Dienst gestellt. Die Gesamtleistung dieser Verbrennungsmotoren beträgt ungefähr 56 000 PS, wovon auf den dieselelektrischen Antrieb allein etwa 26 000 PS entfallen. Nach den Betriebsergebnissen im ersten Halbjahr 1935 zu urteilen, dürften dieselben im Kalenderjahr 1935 etwa 16 Mill Triebwagenkm geleistet haben.

In nachstehender Zahlentafel sind die Hauptangaben zweier derartiger Triebwagen für dieselelektrischen Antrieb laut einer Mitteilung von Ing. Dr. techn. Bílek vom tschechoslowakischen Eisenbahnministerium wiedergegeben[4]):

Zahlentafel 2.

Triebwagen, dieselelektrisch	zweiachsig	vierachsig
Lieferjahr	1935	1935
Motorwagenzahl (im Betrieb und im Bau)	39	14
Dienstgewicht	19,8	52
Gewicht bei voller Besetzung t	24,2	58
Leistung des Dieselmotors PS (Nennwert)	150	400
Leistung der Nebenbetriebe PS (Verdichter und Lichtmaschine, Lüfter)	12	12
Generatorleistung, volle konstante kW (Nennwert)	92,4	260
Motorenleistung am Radumfang PS (Nennwert)	107	300
Motorenzahl	2	2
Höchstgeschwindigkeit: km/h	65	110

Zusammenfassung.

Gegenüber dem Jahre 1929, in dem die Wirtschaftskonjunktur in der Tschechoslowakei und damit auch der Elektrizitätsverbrauch (allgemein gesprochen) ihren Höhepunkt erreichten, macht sich nach einem allmählichen Absinken desselben wieder eine langsame Steigung desselben bemerkbar. Am ausgeprägtesten ist dies bei den in der tschechoslowakischen Elektrizitätsgesetzgebung besonders bevorzugten öffentlichen Elektrizitätsunternehmen mit „Gemeinnützigkeitsrecht" zu erkennen, während die Entwicklung der öffentlichen Werke ohne „Gemeinnützigkeitsrecht" demgegenüber zurückblieb, da die ungeregelten Rechtsverhältnisse die letzteren zu größter Zurückhaltung bei Erweiterungen und Neuanlagen zwingt.

Im Rahmen des Arbeitsbeschaffungsprogramms der Regierung hat der Ausbau der tschechoslowakischen Wasserkraftwerke (fast ausschließlich Niederdrucklaufwerke) in den letzten Jahren eine kräftige Förderung zu verzeichnen.

Im Gegensatz dazu hat die Elektrisierung der Eisenbahnen, soweit es sich um Fremdversorgung handelt, noch keinerlei Fortschritte zu verzeichnen. Man hat sich da bisher lediglich auf eine Auflockerung des Verkehrs im Wege einer weitgehenden Motorisierung desselben beschränkt, wobei vom dieselelektrischen Antrieb in umfassender Weise Gebrauch gemacht wird.

[3]) ETZ 56 (1935) S. 589.

[4]) Elektrotechn. Obzor (1935) H. 35.

621. 3. 016. 23 : 669. 17 (485) **Der Energieverbrauch bei der Eisengewinnung in Schweden.** — Nachdem die Fernleitung von Wechselströmen etwa von der Jahrhundertwende ab allgemeinen Eingang gefunden hat, ist die Eisenherstellung nicht mehr mit dem Fundort verkettet, was früher einen zweckmäßigen Ausbau der Anlagen erschwerte. In letzter Zeit tritt der elektrische Strom mit dem Brennstoff — meistens Holzkohle oder Koks — für die thermischen Prozesse der Eisen- und Stahlerzeugung erfolgreich in Wettbewerb. Über den Strombedarf der verschiedenen Stufen werden einige Zahlen gebracht.

Bei den Eisengruben wird für Wasserförderung, Luftverdichterantriebe, Erzförderung, Erzzerkleinerung und evtl. Anreichern Strom verwendet, wobei die Wasserförderung, die Leerlaufarbeit der Luftverdichter, die Beleuchtung usw. von der Erzmenge unabhängig sind. Der Verbrauch je Tonne wechselt somit stark nach der Größe der Gewinnungsanlage. Erfahrungsgemäß ist der Bedarf im Durchschnitt etwa 25 kWh/t Erz (bzw. 50 kWh je t Eisen) für die in Schweden verwerteten Erze, dagegen nur etwa ¼ von diesem Wert bei den Ausfuhrerzen der lappländischen Fundstätten.

Nächst dem Transport zum Eisenwerk erfordert die Verhüttung für den Betrieb der Hilfsmaschinen, d. h. Kompressoren, Zerkleinerungsanlagen, Fördermaschinen usw., rd. 100 kWh/t. In den elektrischen Hochöfen ist der Verbrauch der Hilfsmaschinen wesentlich geringer, etwa 25 kWh/t, dagegen erfordert das Schmelzen je nach Art der Beschickung 2100 bis 2700 kWh/t. Als Wettbewerb zur Verhüttung treten die Verfahren der direkten Eisenerzeugung allmählich in Erscheinung. Aus den bisherigen Versuchen werden 1100 kWh/t bei Ofenbauart Wiberg und 1600 kWh/t nach dem Verfahren der Norwegischen Stahlwerke genannt.

Der Stromverbrauch dieser Eisenerzeugung auf elektrischem Wege ist für die Wasserkraftwerke besonders wichtig. Alle anderen Betriebe eines Eisenwerkes müssen dauernd mit Strom versorgt werden, d. h. mit „prima" (Dauer-) Kraft, wogegen die elektrischen Hütten und die Eisenschwammöfen mit „Saison"kraft betrieben werden können. Für den Saisonbetrieb sprechen folgende Umstände: Der Stromverbrauch je Kopf der Belegschaft ist groß, und zwar etwa 4000 kWh je Tagesarbeit. Das Roheisen wird nur in wenigen Gütegraden hergestellt und durch Lagerung nicht verschlechtert. Zur Deckung eines gewissen Bedarfes kann entweder eine bestimmte Anzahl Eisenhütten im Dauerbetrieb oder aber eine erhöhte Anzahl im vorübergehenden Betrieb herangezogen werden. Der vorübergehende Betrieb verursacht höhere Ausgaben für Zinsendienst, Ausbesserungen und Arbeitslöhne, und zwar je nach der Anzahl Betriebsmonate im Jahre. Demgegenüber steht die Bewertung der nur saisonmäßig verfügbaren Wasserkraft, so daß die Mehrkosten je Tonne Roheisen aus der elektrischen Hütte etwa nach Abb. 1 einzuschätzen sind. Da nun die Saisonkraftverbraucher den Kraftwerken sehr willkommen sind, rechnet man damit, daß auch die Eisenschwammöfen nach fertiger Entwicklung genau wie die elektrischen Hütten für Saisonbetrieb geeignet sein werden.

Digitized by Google

Die Stahlerzeugung erfordert nach dem Thomasverfahren rd. 40 kWh/t. Für hochwertigen Stahl kommt das Bessemerverfahren mit 40 kWh/t oder das Martinverfahren mit nur wenigen kWh/t in Frage. Mit diesen Verfahren treten die elektrischen Stahlöfen erfolgreich in Wettbewerb. Letztere sind entweder Lichtbogenöfen oder Induktionsöfen. Bei schwedischen Stahlöfen ist der Verbrauch 600 bzw. 400 kWh/t, je nachdem der Einsatz kalt oder zur Hälfte geschmolzen beschickt wird. Die Stromstöße solcher Öfen bei kalter Beschickung beschränken den Anschluß derselben an wirklich große Kraftnetze.

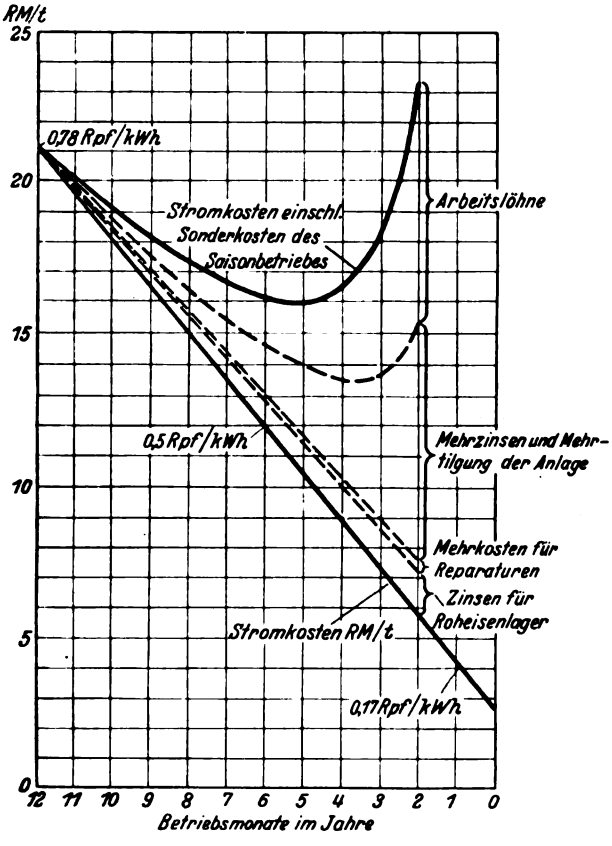


Abb. 1. Kosten je t Roheisen in Abhängigkeit von der Betriebszeit.

Von den eigentlichen Induktionsöfen hört man heutzutage wenig, wogegen der Hochfrequenzofen, welcher mit einer Frequenz von 500 bis 1500 Hz arbeitet, in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Öfen dieser Art für Beschickung mit 5 t sind im Bau, größere Typen befinden sich in Vorbereitung. Der Verbrauch liegt zwischen 600 und 650 kWh/t.

Vom Stahlwerk gehen die Barren zum Grobwalzwerk und meistens weiter zu den Feinwalzwerken. Zum Vorwärmen auf Walztemperatur sind 350 bis 400 kWh/t bei kaltem Einsatz bzw. 60 kWh/t bei Verwendung von Schweißgruben mit warmen Barren erforderlich. Der eigentliche Verbrauch des Walzwerkes ist von vielen Umständen abhängig, er kann nicht allgemeingültig festgelegt werden. Als Annäherung werden jedoch folgende Ziffern genannt:

Barren 30, Schienen und Träger 40 bis 80, Walzdraht 100 bis 150 und Feinblech 150 bis 200 kWh/t. Qualitätswerke mit kleinen Einheiten, geringeren Abmessungen des Fertigmaterials und hartem Material bei niedriger Walztemperatur haben um rd. 75 % höhere Werte. Der Gesamtverbrauch für das Walzen dürfte etwa 150 kWh/t bei Handelseisen-Werken und 250 kWh/t bei den Qualitäts-Werken sein.

Bei den Qualitätserzeugnissen sind während der verschiedenen Verfahren Wärmebehandlungen in Form von Glühen, Härten, Anlaufen und dgl. nötig, wozu besondere Öfen verwendet werden. Elektrisch geheizte Öfen bringen dabei viele Vorteile und sichern ein gutes Ergebnis. Diese Verfahren erfordern 200 kWh/t zum Glühen bzw. bis zu 1400 kWh/t bei anderen Verfahren und geringen Abmessungen des Materials.

Unter Zugrundelegung dieser Verbrauchsziffern errechnet sich daraus der Stromverbrauch unter Annahme eines elektrischen Betriebes in der gesamten schwedischen Eisenerzeugung auf rd. 1575 Mill kWh, auf die Erzeugung im Jahre 1934 bezogen. Der derzeitige Verbrauch ist etwa halb so groß, so daß die Elektroindustrie dieses Gebiet noch zu erschließen hat. [Fredén, Svenska Vattenkraftföreningens Publikationer 283 (1935) S. 92.] *Hldn.*

621. 311. 1 : 331. 6 (7) **Ausbau der Überlandnetze im Rahmen des amerikanischen Arbeitsbeschaffungs-Programms.** — Fast über Nacht ist in Amerika die landwirtschaftliche Stromversorgung Gegenstand allgemeiner Beachtung geworden, nachdem sie im Arbeitsbeschaffungsprogramm von 1935 Aufnahme gefunden hat. Die Regierung stellt einen Betrag von nicht weniger als 100 Mill $ für diesen Zweck in den diesjährigen Haushaltsplan ein, der zur Verbreitung der Elektrizitätsanwendung auf dem Lande und vornehmlich in bäuerlichen Betrieben Verwendung finden soll. In welcher Form die Anlage dieses Geldes erfolgen soll, steht noch nicht fest. Es hat sich daher ein ganzer Wust von Unklarheiten erhoben, der vornehmlich durch Interessententreibereien, unerfüllbare Versprechungen ehrgeiziger Parlamentarier u. a. noch laufend vergrößert wird. Die Folge davon ist zunächst, daß die private Erweiterung und der Ausbau der landwirtschaftlichen Netze mit Mitteln der Werke und der Abnehmer vorerst weitgehend zum Stillstand gekommen ist, da sich jedermann der Hoffnung hingibt, in naher Zukunft alles halb geschenkt zu bekommen.

Um hier so rasch wie möglich Abhilfe zu schaffen, ist die Elektroindustrie zusammen mit der Regierung daran gegangen, eine umfassende Erhebung über die Grenzen der Aufnahmefähigkeit dieses Marktes zu veranstalten, um die praktische Durchführbarkeit der wichtigsten Bauvorhaben zu prüfen, Irrtümer zu widerlegen und der politischen Ausnutzung des Stoffes einen Riegel vorzuschieben. Es ist dabei interessant, festzustellen, wie weit zurück die Überlandversorgung in Amerika beispielsweise im Vergleich zu Deutschland noch ist, und welche verhältnismäßig geringen Ausdehnungsmöglichkeiten ihr drüben von Fachleuten für die Zukunft noch zugesprochen werden.

Die Zahlen der neuen Untersuchung decken sich ziemlich mit den bisher veröffentlichten, wenigstens soweit es sich um den bisherigen Ausbau handelt[1]).

Bisher sind von den rein landwirtschaftlichen Betrieben in den Vereinigten Staaten nur etwa 12 % mit elektrischem Anschluß versorgt. Wenn man die nichtlandwirtschaftlichen Abnehmer in den Netzen mit vorwiegend landwirtschaftlichem Charakter miteinbezieht, kommt man auf 35 % aller Betriebe, während bisher 40 % aller Betriebe die Möglichkeit des Anschlusses haben. Dabei gelten als Netze mit vorwiegend landwirtschaftlichem Charakter alle diejenigen, aus denen Gemeinden mit weniger als 2500 Einwohnern versorgt werden. Der Zahl von ¾ Mill elektrisch angeschlossener Bauernhöfe stehen über 5 Mill noch nicht angeschlossene Betriebe gegenüber. Dabei ist noch zu beachten, daß der Anschluß weiterer Betriebe in den meisten Fällen nicht etwa finanziell leichter wird, sondern daß die Schwierigkeiten mit dem weiteren Ausbau zu wachsen beginnen; denn bei den bisherigen Bauten haben die nichtlandwirtschaftlichen Abnehmer einen wesentlichen Teil der Baukosten getragen, da ja in erster Linie die größeren Ortschaften versorgt worden sind. Was jetzt noch an Bauprojekten übrig bleibt, muß von den Farmern allein finanziert und unterhalten werden, ein Umstand, der um so schwerer ins Gewicht fällt, da man, jedenfalls nach der Erhebung, nicht mit einem baldigen Ende der Agrarkrise in Amerika und damit mit einer größeren Zahlungsfähigkeit der Farmer rechnet.

Eine weitere Erklärung dafür, daß die Elektrisierung des flachen Landes in Amerika so außerordentlich weit z. B. hinter der deutschen zurücksteht, liegt in dem gänzlich anders gearteten Arbeitsbedarf der Amerikaner. In allen Voranschlägen über den mutmaßlichen Verbrauch neuanzuschließender Farmen finden sich nur folgende Posten: 1. Beleuchtung, 2. Wasserpumpen, 3. Haushaltsgeräte.

Der Strombedarf für landwirtschaftliche Arbeiten ist so gering, daß er bei allen Rentabilitätsberechnungen vernachlässigt wird, wahrscheinlich wegen der weitgehenden

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 105.

Digitized by Google

Verwendung von Traktoren in der amerikanischen Landwirtschaft. Die drei genannten Abnahmeposten machen in der Stromabnahme des deutschen Bauern nur etwa ⅓ der Gesamtabnahme aus, während die restlichen ⅔ Kraftbedarf für landwirtschaftliche Arbeiten — also in erster Linie Dreschen — sind. — Infolgedessen ergibt sich für die amerikanischen Netze eine außerordentlich schlechte Ausnutzung. Da ferner die Anschlußdichte sehr gering ist, — 2 Abnehmer je Leitungskilometer — kommt die Erhebung zu dem Schluß, daß die Elektrisierung weiter Gebiete, so wünschenswert sie vom sozialen Standpunkt auch sein mag, eine wirtschaftliche Unmöglichkeit ist. — Es wird vorgeschlagen, in Anbetracht der stark gesunkenen Kaufkraft der landwirtschaftlichen Bevölkerung zunächst die dichter besiedelten Gebiete zu versorgen und die bereitgestellten Mittel als Baukostenzuschüsse für solche Netze zu verwenden, deren Wirtschaftlichkeit für die Zukunft gesichert erscheint. Ferner sollen gemeinsam mit Mitteln, die noch seitens der Industrie bereitzustellen wären, die Zahlungsbedingungen bei der Anschaffung neuer Geräte erleichtert werden, da nur durch vermehrten Absatz von Geräten — vornehmlich Haushaltsgeräte — der Stromverbrauch so weit gesteigert werden kann, daß an eine Ausdehnung der Überlandversorgung herangegangen werden kann. Heute liegen die Verhältnisse so, daß die Durchschnittsfarm etwa den gleichen Stromverbrauch aufweist wie ein kleiner städtischer Haushalt, nur daß im einen Falle 2 Abnehmer auf den Kilometer kommen und im anderen 63.

Unter diesen Umständen rechnet man in Amerika mit der Möglichkeit, im laufenden Jahr Leitungsanlagen für 200 000 Farmen zu bauen, die wirtschaftlich später aus sich selbst heraus erhalten werden können. Es wird davor gewarnt, lediglich um der augenblicklichen Arbeitsbeschaffung willen kostspielige Überlandnetze zu bauen, die von vornherein auf laufende Zuschüsse angewiesen sind. [H. W. Reed, Edison Electric Inst. Bull. 3 (1935) S. 182.] *v. W.*

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie).

Rundfunkteilnehmer in der Welt[1]). — Ähnlich wie im Fernsprechwesen schicken sich nunmehr auch im Rundfunkwesen die europäischen Länder an, den bisherigen Vorsprung der V. S. Amerika aufzuholen. So ist die Zahl der Rundfunkteilnehmer im letzten Jahr in den V. S. Amerika von 21,5 auf 22,5 Mill, also um 4,6 % gestiegen, während sich in Europa (ohne UdSSR) bei einer Erhöhung von 22,5 auf 25,8 Mill ein Steigerungssatz von 15 % ergibt. Trotzdem behauptet Nordamerika in der Rundfunkhörerdichte (Rundfunkteilnehmer auf 1000 Einwohner) immer noch die Weltspitze, denn dort entfallen auf 1000 Einwohner bereits 183 Rundfunkgeräte, während es in Dänemark erst 176, in Großbritannien 165, in Schweden 146, in Neuseeland 134, in den Niederlanden 119 und in Deutschland 115 sind (s. Zahlentafel 1). Vergleichsweise niedrig ist die Rundfunkverbreitung in den südöstlichen und den Randstaaten, in Frankreich, Norwegen und Österreich. In der ganzen Welt gab es Ende 1935 56,2 Mill Empfangsgeräte.

[1]) S. a. ETZ 56 (1935) S. 930.

Zahlentafel 1. Rundfunkteilnehmer 1930 bis 1936.

Länder	Rundfunkteilnehmer Anfang des Jahres[1])				Rundfunkteilnehmer auf 1000 Einwohner		
	1930	1934	1935	1936	1930	1935	1936
Europa:							
Deutschland[2])	3 066 682	5 052 607	6 725 216	7 599 252	47,8	101,9	115,1
Belgien	125 000[3])	465 791	639 320	775 485	15,6	71,0	95,8
Bulgarien	2 072	7 736	9 000	17 213	0,4	1,6	2,8
Dänemark	308 927	532 992	583 109	626 470	88,7	163,1	176,4
Danzig	15 083	20 909	28 669	30 245	39,4	70,3	73,7
Estland	15 360	14 758	16 827	24 193	13,8	14,9	21,5
Finnland	95 742	121 014	129 119	144 721	26,7	35,2	39,5
Frankreich	600 000[3])	1 433 700	1 957 194	2 852 587	14,5	46,8	68,2
Griechenland	600	3 318	5 000	6 317	0,1	0,8	1,0
Großbritannien	2 956 736	5 973 759	7 055 464	7 617 797	66,6	153,2	165,4
Irischer Freistaat	25 733	45 008	65 856	87 185	8,7	22,2	29,3
Island	1 800	8 030	10 871	12 183	16,5	100,1	111,8
Italien	85 000[3])	365 000	436 000	561 346	2,1	10,6	13,6
Lettland	29 440	50 808	71 154	86 413	15,6	37,4	44,3
Litauen	10 706	17 305	23 232	26 763	4,6	11,4	13,2
Niederlande	139 933	648 275	918 583	946 844	18,1	115,7	119,3
Norwegen	70 188	137 968	169 286	204 838	24,9	58,3	72,8
Österreich	376 366	507 479	537 841	559 102	56,2	79,6	82,7
Polen	202 586	311 287	422 777	553 728	6,3	13,6	17,2
Portugal	—	16 093	34 308	44 953	—	5,0	6,6
Rumänien	29 746	110 000	112 354	127 041	1,6	6,2	7,0
Schweden	427 564	666 368	773 785	901 455	70,2	126,1	146,8
Schweiz	83 757	300 051	371 962	426 374	20,8	91,5	104,9
Spanien	100 000[3])	154 662	282 073	303 983	4,1	11,8	12,7
Südslawien	20 236	58 896	66 530	66 771	1,6	4,8	4,8
Tschechoslowakei	267 962	573 109	744 277	863 326	18,2	50,6	58,6
UdSSR	1 000 000[3])	—	2 323 000	3 750 000	8,2	18,1	29,3
Ungarn	266 567	328 179	349 767	361 363	30,7	40,3	41,6
Europa insgesamt	10 323 819	—	24 862 844	29 577 948	—	—	—
Europa ohne UdSSR	9 323 819	17 915 102	22 539 844	25 827 948	—	—	—
Amerika:							
Argentinien	—	450 000	500 000	800 000	—	42,2	67,5
Canada	336 972	681 089	813 000	860 000	34,9	77,4	82,9
Mexiko	50 000[3])	—	180 000	220 000	3,5	10,9	13,3
Neufundland[4])	2 500	3 500	5 000	7 240	9,4	18,0	26,1
V. S. Amerika[5])	12 824 800	18 925 000	21 455 799	22 500 000	104,5	174,7	183,3
Afrika:							
Marokko	3 000[3])	11 218	22 349	25 704	0,5	4,1	4,7
Südafrikanische Union	17 435	67 160	109 044	134 000	2,2	13,4	16,5
Asien:							
Britisch-Indien[6])	6 000[3])	10 914	16 250	40 000	0,0	0,0	0,1
Japan[7])	628 433	1 681 162	1 979 096	2 385 028	10,2	21,7	26,0
Türkei	1 700	5 404	6 930	10 500	0,1	0,5	0,8
Ozeanien:							
Australien	309 981	518 628	702 206	770 152	49,5	105,9	116,1
Neuseeland	50 157	112 581	153 365	180 663	34,2	114,1	134,4
Niederländisch-Indien[3])	2 132	20 340	26 838	30 808	0,0	0,4	0,5

Quellen: Mitteilungen der Reichsrundfunkgesellschaft, Rundfunkzeitschriften des Auslandes.

[1]) Da die strukturelle Ausbreitung des Rundfunks in den Frühjahrsmonaten regelmäßig eine Spitze erreicht, wurde jeweils die Höchstzahl der Frühjahrsmonate hier eingesetzt. — [2]) Bis 1935 ohne Saargebiet, später einschließlich Saarland. — [3]) Z. T. Schätzungen. — [4]) In Rumänien wird die Zahl der Schwarzhörer ziemlich hoch veranschlagt. Für dieses Jahr wurde deswegen die wahrscheinlich zu niedrig angesetzte amtliche Rundfunkteilnehmerzahl mit der Schätzungszahl aller Teilnehmer (also einschließlich Schwarzhörer) gemittelt. — [5]) Bei den hier wiedergegebenen Rundfunkteilnehmerzahlen handelt es sich nur um Empfänger in Haushaltungen und dgl., Kraftwagenempfänger wurden nicht mitgezählt. Nach amtlichen Schätzungen bietet sich hinsichtlich der Verbreitung der Kraftwagenempfänger folgendes Bild: 1930: 34 000, 1931: 142 000, 1932: 285 000, 1933: 500 000, 1934: 950 000, 1935: 1 800 000, 1936: 3 000 000. Gleichfalls nach eingehenden amtlichen Berechnungen waren Anfang 1936 2 275[illegible] Personen Eigentümer von zwei Geräten. — [6]) Die hier wiedergegebenen amtlichen Rundfunkteilnehmerzahlen dürften unter Berücksichtigung der zahlreichen Schwarzhörer zu niedrig sein. — [7]) Einschließlich Korea, Formosa und Kwantung.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Die Firma Otto Heying, Hemer/W., führt in ihrer Preisliste 1936/37 neben den abgebildeten Geräteanschlußschnüren (Zuleitungsschnüren) das Verbandszeichen , obwohl für Geräteanschlußschnüre keine Genehmigung zur Benutzung des VDE-Zeichens erteilt wird. Es liegt also eine unberechtigte Benutzung dieses Zeichens vor.

Bei dieser Gelegenheit wird noch einmal darauf hingewiesen, daß seit dem 1. 7. 1930 nur noch Genehmigungen zur Benutzung des neueren Verbandszeichens bestehen. Die Wiederverwendung des vorerwähnten älteren Zeichens behält sich der VDE allerdings vor.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Gauversammlung

am Dienstag, dem 29. September 1936, 20^{00}, im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Oberingenieur Dipl.-Ing. H. Calliess VDE über das Thema:

„Netzschutz und sein Verhalten im Betriebe."

Inhaltsangabe:

Anfänge des Netzschutzes. Netzschutz für örtlich begrenzte Anlagen. Netzschutz für große Verteilungsnetze. Zusammenarbeiten verschiedener Systeme. Vorbeugender Netzschutz.

Die Vorführung von Lichtbildern bei der Aussprache über den Vortrag ist nur zulässig, wenn sich der Vorsitzende vor Beginn der Sitzung damit einverstanden erklärt hat.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Nachsitzung im Restaurant „Zum Schultheiß am Knie" in Berlin-Charlottenburg.

Vortragsreihe.

Der VDE Gau Berlin-Brandenburg wird in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule eine Vortragsreihe veranstalten über das Thema:

„Fernsehen".

Vortragsfolge:

1. Vortrag, 26. 10. 1936: „Übersicht über Entwicklung und Stand des Fernsehens" (mit Vorführungen). Oberpostrat Dr. F. Banneitz VDE.
2. Vortrag, 2. 11. 1936: „Physikalische Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen der Fernsehübertragung" (mit Vorführungen). Professor Dr. F. Schröter.
3. Vortrag, 9. 11. 1936: „Mechanische Bildfeldzerleger und ihre Synchronisierung" (mit Vorführungen). Dr. R. Möller.
4. Vortrag, 16. 11. 1936: „Geometrische Elektronenoptik" (mit Vorführungen). Dr. E. Brüche.
5. Vortrag, 23. 11. 1936: „Die Kathodenstrahlröhren in Fernsehsendung und -empfang" (mit Vorführungen). Dr. M. Knoll.
6. Vortrag, 30. 11. 1936: „Die Fernsehsendung" (mit Vorführungen). Oberingenieur W. Buschbeck.
7. Vortrag, 7. 12. 1936: „Der Fernsehempfang" (mit Vorführungen). M. v. Ardenne VDE.
8. Vortrag, 14. 12. 1936: „Das Großbildproblem beim Fernsehen" (mit Vorführungen). Professor Dr. A. Karolus VDE.

Zeit: Montag, abends pünktlich 18^{30} bis 20^{00}.

Ort: Neues Physikalisches Institut der Technischen Hochschule Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22, Großer Hörsaal.

Teilnehmerkarten sind erhältlich:

a) beim VDE Gau Berlin-Brandenburg, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33; Postscheckkonto Berlin 133 02,
b) in der Technischen Hochschule, Zimmer 235 (Hauptgebäude).

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

a) für Mitglieder des VDE und anderer RTA-Vereine	8 RM
b) für Studenten	4 RM
c) für andere Teilnehmer	12 RM

Karten für einzelne Vorträge werden nicht ausgegeben. Kleiderablage frei!

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Kurpfalz.

Am 22. 5. 1936 sprach Herr Dipl.-Ing. Fleischmann über ein von ihm entwickeltes neues Verfahren für die Berechnung von Stromverzweigungen. Seine Grundlage ist der Potentialbegriff, der in Verbindung mit dem Ohmschen Gesetz und der ersten Kirchhoffschen Regel zu Rechnungen führt, die an Anschaulichkeit und Einfachheit die bisher üblichen Rechnungen übertreffen. Der Vortragende zeigte an Hand von Zahlenbeispielen, daß sich alle Gleich- und Wechselstromschaltungen vollkommen einheitlich nach der neuen Rechnungsweise behandeln lassen und daß auf diesem Wege alle Schwierigkeiten wegfallen, die sich bei verwickelten Stromkreisen (Unsymmetrien aller Art bei Mehrphasensystemen, Maschenschaltungen u. dergl.) ergeben können. Die Anwendung auf die Berechnung von Leitungsnetzen zeigte, daß die Potentialrechnung auch hier den vielen bekannten Verfahren überlegen ist. Die Vorteile des neuen Verfahrens zeigten sich besonders bei der Berechnung der gemeinsamen Sekundärspannung und der Wirk- und Blindlastverteilung bei 4 parallelen Transformatoren, deren Gesamtlast nach Größe und Phase gegeben war. Die Transformatoren besaßen verschiedene Kurzschlußscheinwiderstände und -leistungsfaktoren. Herr Fleischmann wies noch besonders darauf hin, daß sich das neue Verfahren mit gleichem Erfolg anwenden lasse auf Hochspannungsleitungen und die Berechnung normaler und phasenkompensierter Asynchronmaschinen, auf Hochstabläufermotoren u. dergl. sowie alle Kaskadenschaltungen.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

M. Graetz †.

Am 8. 9. starb unerwartet nach kurzer, schwerer Krankheit im Alter von 75 Jahren Herr Kommerzienrat Max Graetz, der Senior-Chef der Firma Ehrich & Graetz AG., Berlin. Max Graetz stammte aus Berlin und lernte bei seinem Vater, der hier eine Werkstätte zur Herstellung von Metallwaren betrieb. Kaum 17 Jahre alt ging er zu Studienzwecken nach Amerika. Nach mehrjähriger erfolgreicher Auslandstätigkeit und Rückkehr nach Berlin wurde er von seinem Vater als Mitinhaber der Firma aufgenommen. — Mit der ihm eigenen Tatkraft wandte sich Max Graetz schon vor 25 Jahren auch der Entwicklung von Elektrowärmegeräten zu und baute diese Abteilung im Laufe der Jahre immer weiter aus. Es war Max Graetz, der seinerzeit die elektrische Kaffeemaschine sowie die elektrische Glühkochplatte in Deutschland eingeführt hat. Auch auf dem Gebiete des Baues von Elektro-Warmwasserspeichern und Elektroherden wirkte Max Graetz bahnbrechend. Schon im Jahre 1927 wurden von ihm Elektroherde herausgebracht, die ganz im eigenen Betrieb hergestellt waren. Er brachte in den nachfolgenden Jahren auch den Mut auf, zur Verbilligung der Herde die Serienfabrikation aufzunehmen, und gab so dem Absatz einen wesentlichen Auftrieb. Auch der Entwicklung hochwertiger Rundfunk-Empfänger wandte er sich frühzeitig zu.

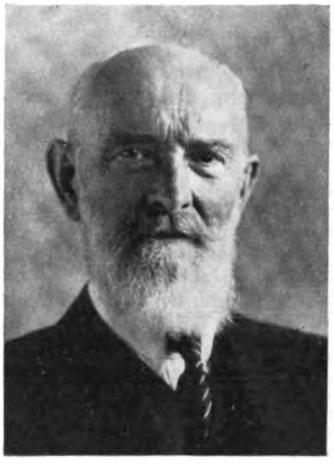
M. Graetz †.

Schlichtheit und Herzensgüte blieben die Grundzüge seines Wesens in einem an Erfolgen reichen Leben. Die hervorragenden menschlichen Eigenschaften dieses Mannes, der sich geduldig und tatkräftig der Sorgen und Anliegen jedes einzelnen Mitarbeiters annahm, verschafften Max Graetz die besondere Achtung und Wertschätzung aller mit ihm Tätigen. Er war vielen ein väterlicher Freund und seiner Gefolgschaft ein guter Kamerad.

H. Vieweger †. — Am 26. 8. starb Prof. Hugo Vieweger, ehemals Dozent an der Ingenieurschule Mittweida, im Alter von 79 Jahren. Von 1883 bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand im Jahre 1928 war er Lehrer für Elektrotechnik, ein hervorragender Fachmann, der es in ausgezeichneter Weise verstand, sein reiches Wissen den Studierenden zu vermitteln. Am bekanntesten ist er durch seine Mitarbeit an dem Lehrbuch von Holzt, „Die Schule des Elektrotechnikers", geworden; er war auch der Verfasser der „Aufgaben und Lösungen aus der Gleich- und Wechselstromtechnik". Daß diese wohl von allen Elektrotechnikern gekannten und zu Rate gezogenen Bücher mehrere Auflagen erlebten, beweist sein hervorragendes pädagogisches Geschick, und es ist daher nicht verwunderlich, wenn er die Zuneigung mehrerer Generationen von Schülern besaß und hochgeachtet war. Auch dem VDE war er langjähriges und treues Mitglied, das gern und uneigennützig seine Mitarbeit zur Verfügung stellte.

Robert Bosch.

Robert Bosch, geboren 1861 in Albeck als Sohn eines schwäbischen Bauern, feierte am 23. 9. seinen 75. Geburtstag und gleichzeitig das 50jährige Bestehen seines Unternehmens, der Robert Bosch AG. In Ulm hat Bosch die Realschule besucht und als Feinmechaniker gelernt. Nach



R. Bosch.

der Militärzeit war er bei Schuckert in Nürnberg, hörte Elektrotechnik an der T. H. Stuttgart, arbeitete bei Bergmann in Amerika, bei Siemens in England und gründete dann als Fünfundzwanzigjähriger sein eigenes Unternehmen, in dem er zuerst drei Mitarbeiter hatte, während heute die Gefolgschaft seiner Werke 19 000 beträgt.

Robert Bosch verdankt, wie er selbst sagte, seine Erfolge weniger seinen Kenntnissen als seinem Charakter. Er ist ein hervorragender Techniker und seine Verdienste in dieser Richtung zeigt der Aufsatz auf S. 1105 dieses Heftes; was ihn aber zu einer seltenen Erscheinung stempelt und besondere Teilnahme an der Feier seines Geburtstages weckt, das sind seine Eigenschaften als Wirtschafts- und Menschenführer. Er hat seinem Werk, das in der Eigenart der bodenständigen württembergischen Menschen verwurzelt ist, stets als väterlicher Führer vorgestanden und hat bei allem Geschick in der Erweiterung seines Geschäftes über den ganzen Erdball nie vergessen, daß zufriedene Mitarbeiter, die sich dem Werk innerlich verbunden fühlen, eine menschliche Notwendigkeit und Vorbedingung dauernden Erfolges sind. Schon 1906 gab es bei Bosch in Stuttgart den Achtstundentag, und die Fürsorgeeinrichtung „Bosch-Hilfe" hat heute einen Grundstock von fast 11 Mill RM. Robert Bosch hat für die Geltung deutscher Wertarbeit in der Welt viel getan, und wir freuen uns, in ihm auch einen Wirtschaftsführer zu besitzen, der Vorbild und Ansporn ist.

R. von Stadler. — Am 1. 10. kann Herr Dir. Richard von Stadler auf eine 25jährige Zugehörigkeit zum Überlandwerk Oberhessen zurückblicken. Nach dem Studium in Darmstadt und 16jähriger Tätigkeit bei verschiedenen Firmen trat er am 1. 10. 1911 in die Dienste der Provinz Oberhessen, wo er Planung, Bauleitung und Betrieb des Überlandwerks und des Wasserkraftwerkes Lißberg übernahm. Herr von Stadler leitet das Unternehmen seit 1917 als Direktor und hat sich u. a. auch durch Erfindungen, z. B. einen Sicherungs-Trennerdungsschalter und den Stadlerbund, Verdienste erworben.

Auszeichnungen. — Herrn Geheimrat Prof. Dr. Philipp Lenard, dessen wir erst kürzlich gelegentlich seines goldenen Doktorjubiläums gedenken konnten[1]),

[1]) ETZ 57 (1936) H. 29, S. 852.

Digitized by Google

wurde auf der Kulturtagung des Reichsparteitages in Nürnberg der „Preis der NSDAP. für Kunst und Wissenschaft" zuerkannt.

Den Diplomingenieuren Marcel Zühlke, Jonu Stancescu und Heinz Brändle wurde in Anerkennung ihrer ausgezeichneten Leistungen bei der Diplomhauptprüfung an der T. H. Berlin das Bild Werner von Siemens verliehen.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

50 Jahre Bosch, 1886 bis 1936. Eine Jubiläumsschrift mit zahlr., z. T. mehrfarb. Abb., XI u. 293 S. im Format 22 × 30 cm, gebd. Herausgegeben von der Robert Bosch AG., Stuttgart 1936. Nicht im Buchhandel.

Das Buch ist nicht nur drucktechnisch hervorragend gelungen, sondern es vermittelt auch inhaltlich einen nachhaltigen Eindruck. Wie das behandelte Industriewerk selbst, so baut auch das Buch folgerichtig auf einer Schilderung des Schwabenlandes auf. Robert Bosch steuerte einen eigenen Beitrag „Kindheitserinnerungen" bei. Dann wird die Entwicklung der Firma geschildert; Bilder aus der Anfangszeit, einzelne Geschehnisse und die Beschreibung der technischen Entwicklung von hoher Warte aus machen diesen Abschnitt sehr lesenswert. Das gilt auch für den folgenden Hauptteil des Buches, der im einzelnen das Werden der im Hause Bosch hergestellten Geräte schildert. Mit Freude bemerkt man, daß stets auch die Leistung des einzelnen gewürdigt wird, sei er nun Meister, Arbeiter oder Direktor. Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis, der Betriebsaufbau und die Außenorganisation werden eingehend behandelt, überhaupt ist das Buch gegenüber mancher anderen Jubiläumsschrift mit erfreulicher Selbständigkeit und Liebe geschrieben, so daß es — trotz seiner Beschränkung auf einen Sonderzweig unserer Industrie — einen wertvollen, lebendigen Beitrag zur Technikgeschichte liefert. G. H. Winkler VDE.

The Plate-Jet. Von J. Hartmann. (Ingeniørvidenskabelige Skrifter A Nr. 41.) Mit zahlr. Tafeln u. Abb. u. 108 S. im Format B 5. Danmarks Naturvidenskabelige Samfund, i. Komm. hos G. E. C. Gad, Kopenhagen 1935. Preis 15 Kr.

Der als Erfinder des Quecksilber-Wellenstrahlgleichrichters bekannte Verfasser beobachtete bei seinen Arbeiten zufällig eine auffallende Formänderung des Quecksilberstrahls, die er als „Plattenstrahl" bezeichnet. Während bekanntlich das Wesen des Wellenstrahls darin besteht, daß der Strahl beim Verlassen des Strahlmundstücks in periodische Schwingungen senkrecht zur Strahlachse versetzt wird, ist beim Plattenstrahl der Strahlgeschwindigkeit eine zusätzliche Wechselgeschwindigkeit in Richtung der Strahlachse überlagert, welche eine periodische Änderung des Strahldurchmessers zur Folge hat. Während die mehr oder weniger sinusartigen Formänderungen, welche bei Längsschwingungen höherer Frequenz auftreten, dem Strahl ein perlenschnurartiges Aussehen verleihen, bilden sich bei genügend großer Strahlgeschwindigkeit v und niedriger Wechselzahl $1/T$ der überlagerten Schwingungen eigenartige plattenförmige Strahlverbreiterungen aus. Bei Strahldurchmessern von einigen Millimetern können Plattendurchmesser von mehreren Zentimetern erreicht werden. Sie sind dabei durch zylindrische Zwischenstücke voneinander getrennt und bewegen sich mit der Geschwindigkeit v unter Beibehaltung ihres Abstandes $\lambda = v\,T$ vom Strahlmundstück fort. Da die Möglichkeit besteht, mit Hilfe derartiger Formänderungen von der Wechselzahl normaler Wechselströme eine Stromwendung von Strömen gleicher Wechselzahl zu erzielen, wurde die eigenartige Erscheinung des Plattenstrahls vom Verfasser eingehend untersucht. In dem Buch wird zunächst das Zustandekommen der Plattenform physikalisch klar gemacht. Im Hinblick auf die ins Auge gefaßte Verwendung für synchrone Stromwender wird eine Theorie zur Vorausberechnung niederfrequenter Formänderungen von Quecksilberstrahlen entwickelt und durch umfangreiche Versuchsreihen nachgeprüft. Die für die Versuche verwendeten Hilfsmittel werden eingehend beschrieben. Einige mit dem Hauptgegenstand des Buches verwandte Fragen werden noch in Anhängen behandelt. Die Darstellung ist klar und ausführlich, wozu die zahlreichen Abbildungen und photographischen Tafeln wesentlich beitragen. Leider fehlt ein Hinweis, in welcher Form die Verwendung des Plattenstrahls als Stromwender gedacht ist. Angesichts der verblüffenden Aufnahmen der bei den Versuchen erzeugten Plattenstrahlen ist jedoch nicht zu zweifeln, daß es gelingen wird, einen brauchbaren „Plattenstrahl-Stromwender" zu entwickeln. K. Seethaler VDE.

Merkbuch für Fehler bei der Metallbearbeitung. Mit zahlr. Winken u. Rezepten f. d. Werkstatt nebst prakt. Tabellen. Von Obering. E. Mayer-Sidd u. Fr. Hutterer. Mit 19 Abb. u. 154 S. im Format B 6. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin. Preis kart. 3,50 RM.

Die Verfasser haben es sich zur Aufgabe gemacht, ihre reichen Betriebserfahrungen Lehrlingen und Gesellen des Metallgewerbes zur Verfügung zu stellen. Naturgemäß wird zwar die eigene Praxis für gewisse Erkenntnisse ausschlaggebend bleiben, doch ist es ratsam, sich die Erfahrungen anderer nutzbar zu machen, um nicht, mit der Werkstattsprache zu reden, erst die Dummheiten anderer nachzumachen. Aus diesen Gedankengängen heraus sind die gewählten Arbeitsverfahren und Werkzeuge so behandelt, daß sowohl die richtige Ausführung wie auch die falsche Handhabung und die damit verbundenen Fehlarbeiten geschildert werden. Gut durchgearbeitete Zeichnungen und eine reiche Anzahl von Tafeln unterstützen den Schriftsatz. Der erste Abschnitt des Buches, der zwei Drittel des Umfanges ausmacht, behandelt die Fehler beim Messen und Anreißen, bei Handwerkzeugen wie Hammer, Meißel, Feilen, Schaber, sowie beim Schleifen, Gewindeschneiden und -bohren. Der zweite Abschnitt gibt praktische Winke und Rezepte für die Werkstatt, wie z. B. Schleifangaben über abgenutzte Räumnadeln, Härten schwieriger Werkzeuge, Reinigen von Feilen, Richten verzogener gehärteter Werkzeuge, Angaben über Einfetten gegen Rosten, Entfernen von Farbanstrichen usw. Der dritte Abschnitt stellt eine Zusammenstellung von Tafeln dar, die in der Werkstatt laufend benötigt werden. Hier findet man Angaben über Kühl- und Schmiermittel bei Metallzerspanung, Drehzahlen von Schleifscheiben, Einheitsgewichte, Gewindeabmessungen sowie Umrechnungstafeln in Zoll und Millimeter. Die Sprachweise des Buches ist so klar und einfach gehalten, daß sie von jedem Facharbeiter leicht zu verstehen ist. Man kann dem Buch nur wünschen, daß es in möglichst viele Hände kommt, um somit beizutragen, deutsche Wertarbeit zu fördern. A. Krüger.

Fortschritte des chemischen Apparatewesens. Dargestellt an Hand der Patentschriften des Deutschen Reiches unter Mitwirkung zahlr. Fachgenossen mit Unterstützung der DECHEMA, Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen E. V. herausg. von A. Bräuer und J. Reitstötter. Elektrische Öfen. Unter Mitwirkg. zahlr. Fachgenossen gemeinsam mit den Herausgebern bearb. durch H. Alterthum. Lieferung 1 bis 6. Mit zahlr. Abb., XI, 236 u. 656 S. im Format 200 × 280 mm. Verlag Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1934—1936. Preis je Lieferung geh. 28 RM.

Über das chemische Apparatewesen wollen die Herausgeber durch Zusammenstellen und kritische Behandlung der deutschen Patente eine lückenlose Übersicht schaffen. Der vorliegende Band, der in 6 Lieferungen seit 1934 erschienen ist, behandelt die Deutschen Reichspatente über elektrische Öfen bis Ende 1931. Ausgeschlossen sind Öfen zum Erwärmen von Räumen, Geräte zum Kochen, Heizen und Entkeimen sowie Warmwasserapparate, eingeschlossen aber die Öfen zur Metallbearbeitung (Glühen, Schmelzen, Schweißen usw.). Zunächst wird im „Textteil" (236 S.) der gewaltige Stoff weitgehend zergliedert (z. B. I: Elektrische Merkmale, A: Lichtbogenöfen, d: Elektrodenregulierung), in jedem Unterabschnitt die Entwicklung geschildert und dann eine Zusammenstellung der hingehörenden Patente angeschlossen, aber hier nur durch Nummer, Anmelder und Kennzeichnung mit 1 oder 2 Zeilen und nochmals gegliedert (im obigen Beispiel: Elektro-

Digitized by Google

denstellvorrichtungen und zwar „maschinelle“ und „hydraulisch betriebene Einrichtungen“, „automatische Regulierung“ und zwar „elektromechanische“ und „elektrohydraulische Steuersysteme“). Falls ein Patent in mehrere Gruppen gehört, ist es mehrfach aufgeführt. Weil durch diese Aufspaltung oft innerlich Zusammengehörendes weit zerstreut wird, so sind hinterher noch einmal alle DRP. mit ihren Nummern und Kennzeichen nach ihrem Verwendungszweck geordnet, z. B. „Darstellung von Aluminium“ (Allgemeines, Badtemperatur, Kathoden, Badrührung, Badbeheizung, Anoden, Verschiedenes, Raffination). Der zweite Teil (656 S.) gibt die Patentschriften selber der Reihe nach von 17 736 bis 540 969. Je nach der Wichtigkeit, welche die Bearbeiter dem Patent beimessen, ist die Patentbeschreibung im Wortlaut mehr oder minder vollständig wiedergegeben; Auslassungen sind durch ... gekennzeichnet. Manchmal sind nur die Patentansprüche aufgeführt, oft sind auch Zeichnungen gebracht. Als Anhang folgen (36 S.) die einschlägigen amerikanischen und britischen Patente, aber nur die Nummern, in ihrer amtlichen Gruppierung. Den Schluß bildet ein Namensverzeichnis der deutschen Patente.

Die gewaltige Arbeit ist im ganzen höchster Anerkennung würdig. Wer das Vorwort sorgfältig liest und einige Mühe nicht scheut, wird sich in der Fülle bald zurechtfinden. Der Berichter hat gar manches auf seinem elektrochemischen Sondergebiet hinzugelernt. Im einzelnen konnte natürlich nicht jeder Wunsch erfüllt werden. Das Studium der Patentschriften selber kann nicht immer entbehrt werden; wir sollen dann aber schon für den Hinweis danken.

Eine nützliche Ergänzung des Verzeichnisses am Schlusse wäre die Aufnahme von Namen aus dem Textteil, die in den Patenten nicht genannt sind. Ich habe besonders den Namen von Héroult vermißt, welcher verdientermaßen im Textteil oft genannt ist. Seine bahnbrechenden Patente gehen nämlich auf den Namen seiner französischen Gesellschaft. Das ist kein Einzelfall.

K. Arndt VDE.

Rezepte für die Werkstatt. Von Studienrat Dr. F. Spitzer. 3. neu bearb. Aufl. (Werkstattsbücher für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter, H. 9.) Mit 68 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 2 RM.

Die Werkstattbücher sind für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter geschrieben und zeichnen sich durch eine knappe und trotzdem klare Darstellung der behandelten Gebiete aus. Auch in dem vorliegenden Buch hat der Verfasser, trotz des umfangreichen Stoffes, alles daran gesetzt, der gestellten Aufgabe gerecht zu werden. Dem Wesen der Betriebsarbeit entsprechend sind Formeln nicht genannt und nur die chemischen Stoffe und ihre Mengenangabe aufgeführt. Dabei wurde jedoch nicht übersehen, soweit wie notwendig grundlegende elektrische, physikalische und chemische Vorgänge für die einzelnen Abschnitte vorauszuschicken, um allgemein verständlich zu bleiben und die Wesensart der folgenden Arbeitsarten richtig zu erfassen. Der Inhalt des Buches teilt sich in vier Abschnitte auf. Am umfangreichsten ist der erste Abschnitt, der die Oberflächenbehandlung der Metalle schildert. In diesem Kapitel ist zuerst die Vorbereitung der Metalloberfläche behandelt und dann sind die verschiedenen Veredelungsverfahren genannt. Die genannten Verfahren entsprechen dem neuesten Stande der Technik und erstrecken sich auf Metallüberzüge im Schmelzfluß, in galvanischen Bädern, nach dem Metallspritzverfahren, durch Farbanstrich, durch Emaillieren, sowie auf Oberflächenschutz durch Metallfärben bzw. Einsatzverfahren. Der zweite Abschnitt behandelt das Rosten von Eisen, die Verhütung des Rostens und die Prüfung auf Rostbeständigkeit. Im dritten Abschnitt werden Kitte und Klebemittel behandelt, während der vierte Abschnitt unter dem Titel „Verschiedenes“ Hinweise über Reinigung gebrauchter Schmieröle, Angaben über Bohr- und Gleitöle, Metallätzverfahren, Glasbearbeitung usw. bringt. Das Gebotene wird in erster Linie Betriebsleuten, die nicht als Spezialisten diese Gebiete bearbeiten, Aufklärung geben. Aber auch Konstrukteure und Studierende werden gern nach dem Buch greifen, um sich über die Arten des Oberflächenschutzes von Metallen zu unterrichten. A. Krüger.

Der Schutzbereich des deutschen Reichs-Patentes. Darf im Patentverletzungsstreit der Schutzbereich des Patentes abweichend von der im Patentanspruch gegebenen Definition unterstellt werden? Von Dr. jur. Th. von Boehmer. Mit VIII u. 90 S. im Format A 5. Kranich-Verlag G. m. b. H., Berlin-Zehlendorf 1936. Preis geh. 3 RM.

Das Buch behandelt die viel umstrittene Frage der Auslegung der Patente im Verletzungsstreit, ob der Schutzbereich abweichend von der im Patentanspruch gegebenen Bestimmung der Erfindung festgesetzt werden darf. Nach dem Verfasser soll man sich an die im Patentanspruch gegebene Bestimmung der Erfindung halten und diese lediglich nach den für Willenserklärungen geltenden Grundsätzen auslegen. Darüber hinaus sollen nur noch äquivalente Mittel geschützt sein. Es wird also die Theorie des schwachen Patentschutzes vertreten. In den Fällen, wo der Anspruch lediglich auf eine bestimmte Ausführungsform gerichtet ist, soll eine erweiternde Auslegung nur dann zulässig sein, wenn besondere Umstände den unbefangenen Leser zu der Einsicht zwingen, daß der Patentanspruch nur ein Bild der in der Beschreibung dargestellten Erfindung geben soll. Damit ist wieder die Tür zu der bekämpften erweiternden Auslegung geöffnet, die nicht zu vermeiden und nur vernünftig zu handhaben ist. Das Buch ist fleißig und interessant geschrieben, dürfte aber eine Änderung der Auslegungsgrundsätze nicht herbeiführen. Den vom Verfasser vorgeschlagenen Gesetzesänderungen hat das neue Gesetz nicht Rechnung getragen.

K. Kahle.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Richtig morsen. Ein Leitfaden für den Morseunterricht. Von R. Grötsch. 2. erweit. Aufl. (Deutsche Radio-Bücherei Bd. 61.) Mit 4 Abb. u. 77 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof, 1936. Preis kart. 1,80 RM.

[Der Elektrotechniker, der das Morsen lernen oder eine größere Sicherheit und Schnelligkeit im Geben erlangen möchte, findet in diesem Buche eine Übungsreihe aufgestellt, die den Anforderungen bis zur Funkprüfung I. Klasse gerecht wird, ohne schädigende Wirkung des Telegraphierkrampfes. Das Buch bezieht sich auf alle Fernmeldezweige, die die Übermittlung durch Morsezeichen tätigen und ist gedacht als Übungsbuch und Unterrichtsunterlage.]

Television Reception. Construction and operation of a cathode ray tube receiver for the reception of ultra-short wave television broadcasting. Von M. von Ardenne. Übersetzt von O. S. Puckle. Mit 96 Abb., XV u. 121 S. im Format 140 × 220 mm. Verlag Chapman & Hall Ltd., London 1936. Preis geb. 10 s 6 d.

[Das deutsche Buch von Manfred von Ardenne, das in der ETZ 56 (1935) S. 1426 besprochen worden ist, ist inzwischen von O. S. Puckle ins Englische übertragen worden.]

Statistique de la production et de la distribution de l'énergie électrique en France pour l'année 1934. Herausg. v. Ministère des Travaux Publics. Service control des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique. Mit 73 S. im Format 210 × 270 mm. Paris 1936.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Institut für Metallographie der Bergakademie Clausthal. 12. bis 24. 10., Metallographisches Institut der Bergakademie Clausthal: Metallographischer Ferienkursus, bestehend aus täglich 3 Std. Vorlesung und 4 Std. prakt. Übungen. Leitung: Prof. Dr. Merz. Anfragen sind an das Metallographische Institut der Bergakademie Clausthal (Harz), Clausthal-Zellerfeld I, zu richten.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 18. September 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 1. Oktober 1936** **Heft 40**

25 Jahre „Ausschuß für Elektrowärmegeräte".

Von **M. Howald** VDE, Berlin.

621. 364. 5 (09)

Auf Anregung G. Dettmars nahm die Jahresversammlung 1911 des Verbandes Deutscher Elektrotechniker den Antrag auf Einsetzung einer Kommission für elektrische Koch- und Heizapparate an. Bei Versuchen über elektrisches Kochen hatte sich gezeigt, daß jede Firma die Anschlußkontakte an den Kochtöpfen, Pfannen, Wärmeplatten, Bügeleisen usw. in einer besonderen Größe und Stärke ausführte, was eine große Erschwerung der allgemeinen Verwendbarkeit elektrischer Kochgeräte bedeutete. Eine Umfrage in den beteiligten Kreisen ergab allgemeine Zustimmung zu der Anregung, die Anschlüsse zu normen. Zu Mitgliedern der Kommission wurden gewählt: Böttcher (Vorsitz), Brendel, Dettmar, Helberger, Ritter, Scholer, Steinhardt. Später kamen noch hinzu: Sprenger, Voigt, Wüstney.

Über die Aufgaben, die dieser Kommission gestellt waren, erhält man ein klares Bild, wenn man das Protokoll über die **erste Sitzung am 2. 10. 1911** zu Berlin zur Hand nimmt. Dieses Protokoll lautet:

„Anwesend die Herren:

Dettmar (Verband Deutscher Elektrotechniker),
Prof. Böttcher (Präzisionsanstalten Ilmenau),
Ritter (Prometheus),
Steinhardt (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft),
Scholer (Elektra-Lindau).

Entschuldigt Herr:

Brendel (Therma-München).

Auf Vorschlag des Herrn Dettmar wird Herr Prof. Böttcher zum Vorsitzenden der Kommission gewählt. Er nimmt die Wahl an.

Die sachlichen Besprechungen einleitend kennzeichnet Herr Dettmar Zweck und Ziel der Kommissionsarbeiten:

Um dem Publikum die unbedingt erforderliche Einfachheit und Bequemlichkeit bei Anschaffung und Benutzung der elektrischen Koch- und Heizapparate zu gewährleisten, ist es erforderlich, bestimmte Konstruktionsteile in bezug auf Form und Maße zu vereinheitlichen. Es handelt sich also um eine Normalisierung der Anschluß- und Schaltvorrichtungen.

Es werden prinzipiell getrennt:

a) Stecker,
b) am Apparat montierte Schalter,
c) in der fest verlegten Leitung montierte Schalter.

Auf Grund der bisher gemachten Erfahrungen wird vorläufig für die Verwendung der einzelnen Kategorien wie folgt festgesetzt:

I. Koch- und Heizapparate bis 750 W max. können mit Steckvorrichtung ein- und ausgeschaltet werden. Stromkreise für Apparate über 750 W müssen mit Momentschaltern versehen sein, und zwar können diese Schalter bei Kochapparaten in dem festverlegten Teil der Leitung in der Nähe der Abzweigstelle liegen.

Für die Kategorie a) Steckvorrichtungen werden zunächst drei Normalgrößen für Stecker und Hülsen festgelegt:

Normal I für Leistungen bis 750 W max.
Normal II für Leistungen bis 3000 W max.
Normal III für Leistungen bis 7500 W max.

Für Leistungen über 7500 W sind nur Verschraubung oder Lötung als Kontaktherstellung zulässig. Als Maße für die Normal-Steckvorrichtungen I, II, III sollen diejenigen der Prometheus-Fabrikate gelten. Herr Ritter übernimmt es, den übrigen Herren in kurzer Zeit verbindliche Maßskizzen zu übersenden.

Festgelegt soll ferner werden die Minimalentfernung der Steckkontakte voneinander. Besondere Aufmerksamkeit soll der guten Federung der Kontakte zugewendet werden.

Als Sicherheitsvorschrift soll gelten:

Stromführende Teile der Kontakthülse müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Ferner:

Warmwasserapparate müssen so eingerichtet sein, daß Dampfbildung unter erhöhtem Druck nicht möglich ist.

Die Frage der Erdung aller Heiz- und Kochapparate wird für eine spätere Beratung zurückgestellt.

Bei Besprechung der

b) Schalter für und an Heiz- und Kochvorrichtungen wird konstatiert, daß die Konstruktion eines wirklich geeigneten Schalters für diese Zwecke eine noch zu lösende Aufgabe sei. Auf jeden Fall sei zu warnen vor Anwendung des normalen 6 A-Installationsschalters für derartige Apparate.

Um eine einheitliche Schaltung bei allen Apparaten zu erzielen, wird vereinbart:

„Bei Verwendung von Regulierschaltern müssen die Schaltstellungen durch Zahlen bezeichnet sein, wobei der höheren Zahl der höhere Wärmegrad entspricht. Die Ausschaltstellung ist stets mit Null zu bezeichnen. Von dieser aus muß bei Rechtsdrehung zunächst die höchste Wärmestufe eingeschaltet werden und weiter müssen die abnehmenden Wärmestufen folgen."

Die Kommission konnte bereits der Jahresversammlung 1912 „Normalien für Koch- und Heizapparate" zur Annahme vorlegen, in denen einheitliche Abmessungen für die Anschlußkontakte des bisher bestehenden Systems festgelegt wurden; eine Ergänzung wurde 1913, eine Umgestaltung — in Zusammenhang mit der von der Errichtungskommission vorgenommenen Ausarbeitung der Leitsätze für Starkstromhandapparate — ein Jahr später beschlossen. Damit war eine gewisse Einheitlichkeit und Ordnung in der Fabrikation und die erwünschte Austauschbarkeit der Apparate verschiedenen Ursprungs unter Benutzung derselben Anschlußschnüre erreicht.

Die Arbeiten der Kommission für Koch- und Heizgeräte wurden durch den Krieg unterbrochen. Durch die Ausnahmebestimmungen während des Krieges und auch durch die nach dem Kriege vom VDE herausgegebenen Übergangsbestimmungen wurde das Arbeitsgebiet der Kommission für Koch- und Heizgeräte nur insoweit betroffen, als die von anderen VDE-Kommissionen herausgegebenen Ausnahmebestimmungen — es handelte sich hierbei in erster Reihe um Drähte, Kabel und Installationsmaterial — auch bei dem Bau von Koch- und Heizgeräten beachtet werden mußten. Die Kommission hat während des Krieges selbst keine Sitzungen abgehalten.

Digitized by Google

Nach dem Kriege, während der Übergangszeit, wurden die Arbeiten, die sich in der Hauptsache mit den Anschlußvorrichtungen befaßten, wieder aufgenommen.

Als in der Übergangszeit fast alle Kommissionen des VDE neugebildet wurden, trat die Kommission für Koch- und Heizgeräte in einer neuen Zusammensetzung erstmalig am 9. 3. 1920 zusammen. Als Mitglieder gehörten dieser ersten Nachkriegskommission folgende Herren an: Böttcher, Coulon, Dettmar, Dietz, Hermanni, Molly, Montanus, Naujoks, Nüß, Ritter, Schneider, Schulz, Schuster, Sprenger, Voigt, Wolff. Der Vorsitz wurde Herrn Voigt übertragen. Die Arbeiten, welche diese Kommission in Angriff nahm, waren:

1. Neubearbeitung der Normen für Koch- und Heizgeräte in Niederspannungsanlagen, bei der die Entwicklung der Technik weitgehend berücksichtigt werden sollte.
2. Normung der für Koch- und Heizgeräte in Frage kommenden Steckvorrichtungen.
3. Typisierung von Koch- und Heizgeräten.

Durch die inzwischen eingetretene gewaltige Verteuerung von elektrischen Koch- und Heizgeräten erschien die Einführung des elektrischen Kochens im Haushalt der Kommission immer schwieriger, so daß allgemein der Wunsch auftauchte, die Hersteller möchten dieser Frage ihr besonderes Augenmerk zuwenden und mit der Einführung billiger Geräte so schnell wie möglich beginnen. Verschiedene Unterausschüsse führten die Vorarbeiten durch.

Für den Anschluß der elektrischen Koch- und Heizgeräte wurde eine besondere Gerätesteckvorrichtung geschaffen, bestehend aus zwei am Gerät angebrachten, nicht geschlitzten Kontaktstiften von 6 mm Dmr. bei einem Stiftabstand von 19 mm. Diese Stifte waren von einem quadratischen Schutzkragen umgeben.

Außer dieser Zweistift-Steckvorrichtung wurde noch eine nach den gleichen Grundsätzen gebaute regelbare Dreistift-Steckvorrichtung geschaffen.

Eine neue Fassung der „Vorschriften für Koch- und Heizgeräte" wurde der Jahresversammlung des VDE 1920 vorgelegt. Diese neue Fassung wurde mit der Einschränkung angenommen, daß die in den Vorschriften enthaltene Bestimmung für Kupplungsdosen erst vom 1. 10. 1921 ab in Kraft treten sollte, während die übrigen Vorschriften bereits am 1. 4. 1921 gültig wurden. Die Kommission wurde ermächtigt, etwa noch nötig erscheinende Verbesserungen an der Kupplungsdose einzuführen. Die endgültige Fassung der „Vorschriften für Koch- und Heizgeräte" wurde dann in der ETZ 46 (1920) S. 680 veröffentlicht. In der Folgezeit befaßte sich die Kommission mit verschiedenen Einzelfragen, insbesondere mit der Aufstellung von Bestimmungen über den Wirkungsgrad elektrischer Koch- und Heizgeräte. Einen Abschluß fanden die Beratungen hierüber jedoch nicht.

Der VDE hatte im Jahre 1920 eine Prüfstelle ins Leben gerufen, die die Aufgabe hatte, elektrische Erzeugnisse daraufhin zu untersuchen, ob sie den VDE-Bestimmungen entsprachen. Die Hersteller erhielten in diesem Falle die Genehmigung, ihre Erzeugnisse mit dem dem VDE geschützten Verbandszeichen, dem sogenannten VDE-Zeichen zu versehen. An den Verhandlungen über die Gründung der Prüfstelle hatte die Kommission für Koch- und Heizgeräte hervorragenden Anteil. Mit der Herausgabe der Vorschriften in der Fassung vom 1. 4. 1921 war die Möglichkeit gegeben, auch Koch- und Heizgeräte durch die Prüfstelle zu prüfen.

In dem in der ETZ 47 (1921) S. 446 veröffentlichten Entwurf zu „Vorschriften für Koch- und Heizgeräte" erscheint der Gerätestecker, wie er in großen Zügen noch heute üblich ist. Im Mai 1922 wurden in der ETZ 48 (1922) S. 406 die „Vorschriften für Koch- und Heizgeräte" veröffentlicht. Zu den 29 Paragraphen, die diese Vorschriften umfaßten, waren von der Kommission eingehende „Erläuterungen" gegeben, aus denen die Entwicklung der „Vorschriften für elektrische Koch- und Heizgeräte" in den verschiedenen Fassungen ersichtlich ist:

Fassung	Beschlossen	Gültig ab	Veröffentlicht in der ETZ
1. Fassung	6. 6. 1912	1. 7. 1913	1912, S. 410
Änderung der 1. Fassung	19. 6. 1913	1. 1. 1915	1913, S. 570
2. Fassung	26. 5. 1914	1. 7. 1914	1914, S. 341 u. 574
3. Fassung	24. 9. 1920	1. 4. 1920	1920, S. 860
4. Fassung	30. 5. 1921	1. 4. 1921	1921, S. 446
Zusatz zur 4. Fassung	30. 5. 1921	1. 4. 1921	1921, S. 771

Die Fortschritte auf dem Gebiet der Elektrowärmetechnik brachten es mit sich, daß die Kommission wiederum eine vollständige Neubearbeitung der Vorschriften in ganz kurzer Zeit in Angriff nehmen mußte. In zahlreichen Sitzungen sind die Vorarbeiten hierfür von einem besonderen Unterausschuß geleistet worden. Sehr umfangreiche Verhandlungen fanden u. a. über die Wasserdichtigkeit der Kochgeräte statt, die dahin führten, daß eine Bestimmung geschaffen wurde, daß spülbare Geräte als solche (durch „S") gekennzeichnet werden mußten und daß Geräte, die nur zum Wasserkochen bestimmt waren, nicht spülbar zu sein brauchten. Verlangt wurde jedoch, daß nicht spülbare Geräte so hergestellt sein mußten, daß überlaufendes Wasser nicht in den Heizraum eindringen und Flüssigkeit nicht durch den Boden aufgesaugt werden konnte. Eine neue Fassung der Vorschriften unter dem Titel „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V. E. Hz. 1925" wurde der Jahresversammlung 1924 vorgelegt und trat am 1. 1. 1925 in Kraft. Diese neue Fassung enthielt Sonderbestimmungen für Bügeleisen, Heizkissen, Tauchsieder, Kochplatten, Durchlauferhitzer, Elektroden-Heizgeräte, Öfen und Küchengeräte. Außerdem war in einem Anhang die elektrische Raumheizung mittels freigespannter Heizleiter (elektrische Linearheizung) behandelt, wie sie nur in gewerblichen Betriebsräumen zulässig war. Die hierfür in Frage kommenden Bestimmungen waren seinerzeit vom Elektrotechnischen Verein in Wien ausgearbeitet worden. Für den Anschluß von Elektrowärmegeräten mittels Gerätesteckvorrichtung war inzwischen ein besonderes Normblatt DIN VDE 9490 herausgegeben, in dem neue Grundabmessungen festgelegt waren. Diese grundlegenden Maße gelten heute noch.

Bei den Verhandlungen in den Unterausschüssen hatte sich verschiedentlich die Notwendigkeit ergeben, einzelne Feststellungen durch eine neutrale Stelle treffen zu lassen. Die Kommission für Koch- und Heizgeräte regte daher an, eine besondere Stelle in Anlehnung an eine Technische Hochschule zu schaffen, in der derartige Arbeiten ausgeführt werden konnten. Hierzu erbot sich Herr Prof. Dettmar von der T. H. Hannover, wo ein Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik ins Leben gerufen wurde. Aus diesem Forschungsinstitut sind eine Reihe wichtiger Arbeiten hervorgegangen.

Ende 1927 wurden alle Kommissionen im VDE vom Vorstand aufgelöst und nach neuen Gesichtspunkten neu gebildet. Auf Grund dieses Vorstandsbeschlusses trat am 15. 10. 1928 eine neugebildete Kommission zusammen. Die Zusammensetzung der Kommission wurde in einer Vorstandssitzung des VDE vom 9. 2. 1928 auf die Dauer von zwei Jahren in folgender Form genehmigt:

Verband Deutscher Elektrotechniker:	Dettmar, Behm, Molly, Naujoks, Ritter.
Installateurverband:	Edeler.
Vereinigung der Elektrizitätswerke:	Mörtzsch, Reichel, Ziegler.
Elektro-Großhändler:	Borchers.
Zentralverband der Deutschen Elektrotechnischen Industrie:	Jordan, Kattwinkel, Maier, Nägele, Vitzthum.
Prüfstelle:	Zimmermann.

Digitized by Google

Den Vorsitz der neugebildeten Kommission übernahm Herr Dettmar. In der 1. Sitzung wurde eine Unterkommission zur Bearbeitung folgender auf dem Gebiet der Koch- und Heizgeräte bisher herausgegebenen Arbeiten eingesetzt:

Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen.

Normblatt DIN VDE 9490 „Steckvorrichtung für elektrische Heizgeräte und Heizeinrichtungen"

sowie Überprüfung der inzwischen aufgestellten Normblätter, und zwar

Normblatt DIN VDE 4900 „Heißwasserspeicher, Badeöfen, für 1 kg/cm² Betriebsdruck" und

Normblatt DIN VDE 4901 „Heißwasserspeicher für 6 kg/cm² Betriebsdruck".

Desgleichen wurde eine zweite Unterkommission gebildet zur Bearbeitung der Fragen, die bei dem Einbau von Schaltern in Koch- und Heizgeräte auftreten, und eine dritte Unterkommission wurde mit der Neubearbeitung der „Vorschriften für Heizkissen" beauftragt. Zur Bearbeitung der Bestimmungen über den Wirkungsgrad elektrischer Koch- und Heizgeräte, insbesondere der Heißwasserspeicher, wurde eine vierte Unterkommission gebildet.

Die Unterkommission 1 konnte sehr bald eine Neufassung der „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V. E. Hz. 1925" zu Ende führen. Die 1931 abgeschlossene Arbeit wurde unter dem Titel „Vorschriften für Elektrowärmegeräte V. W. G./1931" in Kraft gesetzt mit der Maßgabe, daß die Bestimmungen über Heizkissen einer nochmaligen Bearbeitung bzw. Erweiterung unterzogen werden sollten. Auf dem Gebiet der Geräteschalter wurden gemeinsam mit der Kommission für Handgeräte „Vorschriften für Geräteschalter" herausgegeben. Bezüglich Wirkungsgrad von Elektrowärmegeräten kam die Kommission zu dem Beschluß, hierüber keine Bestimmungen durch den VDE herauszugeben und alle Fragen auf diesem Gebiet durch das Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik in Hannover behandeln zu lassen.

In den nächsten Jahren ruhten die Arbeiten der Kommission für Elektrowärmegeräte, nur die Unterkommissionen traten gelegentlich zu Verhandlungen zusammen. Nach der Machtübernahme durch Adolf Hitler wurden alle Kommissionen durch den Vorsitzenden des VDE, Herrn Staatssekretär Ohnesorge, aufgelöst. Die Neubildung der „Ausschüsse" erfolgte erst 1934.

Der „Ausschuß für Elektrowärmegeräte" trat in seiner neuen Zusammensetzung zum ersten Male am 24. 10. 1934 in Berlin zusammen. Die Mitglieder des Ausschusses waren: Beck, Blendermann, Brey, Hengstler, Hermanni, Howald, Jordan, Kurz, Molly, Naujocks, Reichel, Ritter, Zimmermann. Der Vorsitz wurde Herrn Howald übertragen.

Der eingesetzte „Arbeitsausschuß Elektrowärmegeräte" übernahm die Ausarbeitung von neuen Vorschriften für Elektrowärmegeräte, da die mit Riesenschritten vorwärts eilende Elektrowärmetechnik, insbesondere die Entwicklung des Elektroherdbaues neue Vorschriften erforderlich machte. Es wurde angestrebt, die im Jahre 1932 erschienenen „Technischen Lieferbedingungen für Elektro-Haushaltherde", die von der Vereinigung der Elektrizitätswerke, der heutigen Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung (WEV.) herausgegeben waren, in die VDE-Vorschriften hineinzuarbeiten, damit nur Vorschriften von einer Stelle, nämlich dem VDE, vorhanden sind.

Ungeheure Schwierigkeiten stellten sich dem Arbeitsausschuß entgegen. Umfangreiche Versuche, an denen das Forschungsinstitut Hannover hervorragenden Anteil hatte, waren erforderlich. Schwierige Verhandlungen unter Heranziehung der verschiedenen Industrie- und Wirtschaftsgruppen sowie Versuchsanstalten usw. fanden statt, die zu dem Ergebnis führten, daß die Ausarbeitung der neuen Vorschriften für Elektrowärmegeräte nunmehr abgeschlossen ist. Neben diesen Elektrowärmevorschriften sind von dem Unterausschuß „Heizkissen" neue „Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte (Heizkissen)" aufgestellt worden, die ebenfalls vollendet sind.

25 Jahre mühseliger Arbeit auf dem Gebiete der Elektrowärmetechnik hat der „Ausschuß Elektrowärmegeräte" hinter sich. Rastlose und selbstlose Arbeit der Kommissions- und Ausschußmitglieder hat maßgeblichen Anteil an den Fortschritten im Bau der Elektrowärmegeräte. Möge es in den folgenden Jahren so bleiben zum Segen unseres deutschen Volkes.

Die Elektrowärmetechnik in den letzten 25 Jahren.

Von G. Dettmar VDE, Hannover.

621. 364 (09)

Bei den jüngeren Elektrotechnikern findet man vielfach die Ansicht, daß die Verwendung der Elektrizität zu Erwärmungszwecken eine Errungenschaft der letzten Jahre bzw. des letzten Jahrzehnts sei. Daß sie schon über 50 Jahre dafür benutzt wird, wissen nur ältere, und auch manche von diesen nicht. Es dürfte deswegen zweckmäßig sein, bevor eine Betrachtung über die Entwicklung der Elektrowärmetechnik in den letzten 25 Jahren angestellt wird, mit wenigen Zeilen auf die allerersten Anfänge hinzuweisen.

Schon vor über hundert Jahren wurden Sprengungen durch zum Glühen gebrachte Drähte ausgeführt, und auch für medizinische Zwecke bediente man sich der Elektrowärme. Da aber damals nur Elemente als Stromquelle zur Verfügung standen, nahm diese Anwendung der Elektrizität keinen erheblichen Umfang an, und von einer industriellen Benutzung konnte nicht gesprochen werden. Erst nach Schaffung der Dynamomaschine war es möglich, die Elektrizität in erheblicherem Maße zu Erwärmungszwecken, und zwar im Hause, im Gewerbe und in der Industrie in Erwägung zu ziehen. Auf der Wiener Elektrotechnischen Ausstellung im Jahre 1883 waren infolgedessen schon einige Geräte, die elektrisch erwärmt waren, gezeigt worden und hatten großes Interesse erregt. In den Berichten über die Ausstellung sind sie allerdings teilweise noch als Kuriosum, Spielerei oder Luxus bezeichnet worden. Von ihnen ist aber eine so starke Anregung ausgegangen, daß wenige Jahre nachher schon Geräte auf dem Markt erschienen, die Bedeutung hatten, so daß man das Jahr 1883 als den Beginn der praktischen Anwendung der Elektrowärme bezeichnen kann. W. Schulz hat in der „Geschichte der Technik und Industrie" Bd. 21[1]) ihre Entwicklung im 19. Jahrhundert ausführlich geschildert[2]). Er hat gezeigt, daß von Otto Schulze (Straßburg) Lötkolben und Heizöfen auf den Markt gebracht wurden, von der Deutschen Edison-Gesellschaft Brennscheren, Bügeleisen, Bratöfen, Kaffeemaschinen, Durchlauferhitzer, von Zipernowsky (Budapest) ein elektrisches Bügeleisen u. a. m. Entscheidend haben die erste Entwicklung der Elektrowärmetechnik beeinflußt die Ingenieure Schindler (Vorarlberg), Stotz (Stuttgart), H. Voigt (Frankfurt a. M.), Helberger (München) und Dr. Zerener (Berlin). Die ersten Geräte waren im wesentlichen dem Hausgebrauch

[1]) Berlin: VDI-Verlag G.m.b.H. 1931 32.
[2]) Siehe auch Elektrowärme 1 (1931) S. 42.

Digitized by Google

gewidmet. Schon bald wurden aber auch industrielle Einrichtungen elektrisch erwärmt. Nach Angaben von Sarfert (Reichenbach i. V.) und später auch von Siemens & Halske (Berlin) wurden Pressen zur Glanzgebung bei Wollgeweben mit elektrischen Heizkörpern versehen. Weiter wurden Elektrowärmegeräte in Wäschefabriken, Waschanstalten, Hutfabriken, Tischlereien und in verschiedenen anderen Gewerben verwendet. 1896 ist schon der erste elektrische Dampfkessel für etwa 100 kW von Schindler auf der Genfer Ausstellung gezeigt und bald nachher in praktischen Betrieb genommen worden. H. Voigt wies im gleichen Jahre in einem Vortrag nach, daß die elektrische Heizung in der chemisch-technischen Großindustrie Vorteile bringe, wodurch die Pulverfabrik Hanau angeregt wurde, die Gefahr beim Schmelzen von Pikrinsäure zu beseitigen.

Mehrere Firmen nahmen damals die Herstellung von Elektrowärmegeräten auf, so daß die Benutzung solcher sowohl im Hause wie im Gewerbe und in der Industrie immer mehr zunahm. Nach der Statistik der Elektrizitätswerke 1909, in der zum erstenmal diese Stromverbraucher besonders erfaßt wurden, betrug der Anschlußwert der bei öffentlichen Elektrizitätswerken vorhandenen Geräte 37 721 kW. Berücksichtigt man, daß diese Statistik nicht alle Werke enthielt, und daß in industriellen Einzelanlagen auch noch eine größere Zahl Elektrowärmegeräte in Benutzung war, so kann man wohl annehmen, daß damals der Anschlußwert insgesamt etwa 50 000 kW betragen hat.

Ein Wendepunkt in der Entwicklung der Elektrowärmetechnik ist nun für die Zeit festzustellen, die jetzt gerade 25 Jahre zurückliegt, und zwar sind dafür zwei Gründe maßgebend gewesen. Der eine war in den damals verwendeten Heizleitern zu suchen, für die bis dahin hauptsächlich entweder Platin oder Nickellegierungen, wie Nickelin, Manganin, Konstantan usw., benutzt wurden. Platin war sehr teuer, so daß eine Benutzung in größerem Umfange unmöglich war. Die Nickellegierungen vertrugen keine hohe Temperatur oder sie wiesen bei ihr eine ungenügende Lebensdauer auf. Einige Firmen arbeiteten des weiteren mit Kryptol oder anderen pulverförmigen Stoffen. Prometheus benutzte auf Glimmer aufgetragene Edelmetalle und für höhere Temperaturen Silund. Alle diese Stoffe befriedigten aber nicht, so daß die Entwicklung stark gehemmt war. Aus dieser Schwierigkeit wurde die junge Elektrowärmetechnik befreit durch die Einführung des Chromnickels, die ungefähr um 1911 herum erfolgte. Für höhere Temperaturen wurde dann etwa 1914 mit Erfolg noch Silit[3]) eingeführt. Letzteres wurde hauptsächlich für Öfen verwendet; es hat sich gut bewährt, so daß es auch für andere industrielle Geräte mit Erfolg benutzt wurde. Es hat aber den Nachteil, daß es eine sehr große Widerstandszunahme aufweist, der man durch eine entsprechende Spannungsreserve Rechnung tragen muß. Später benutzte man für höhere Temperaturen auch Wolfram und Molybdän, jedoch unter Anwendung von Schutzgas. In den letzten 10 Jahren sind noch eine Reihe neuer Heizleiterstoffe geschaffen worden, die etwas höhere Temperaturen als Chromnickel aushalten, nämlich die Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen in verschiedensten Formen (Megapyr, Permatherm, Alsichrom, CAF, P2F, Kanthal usw.).

Der zweite Faktor, der die Entwicklung der Elektrowärmetechnik ungefähr zur gleichen Zeit mit der Einführung der Chromnickel-Legierung förderte, war die Bildung der Kommission für Elektrowärmegeräte beim Verband Deutscher Elektrotechniker[4]). Sie wurde auf der Jahresversammlung in München 1911 eingesetzt[5]), weil damals jede Firma die Anschlußkontakte anders ausführte, was die allgemeine Verwendbarkeit erheblich erschwerte. Auch nach anderen Richtungen hin zeigte sich die Notwendigkeit, die Ausführungen der Geräte zu vereinheitlichen[6]).

Die beiden vorstehend behandelten Maßnahmen führten zunächst zu großen Fortschritten in der Verwendung von Elektrowärmegeräten in der Industrie für Brenneisen, Löteinrichtungen, Schweißmaschinen, Glüh- und Härteöfen, Emaillieröfen, Vulkanisier-, Sterilisier-Geräte, Siegellackwärmer, Leimkocher, Backöfen, Schmelzöfen, Trockenöfen, Walzen, Pressen, Stempeln usw. Der Fortschritt wäre noch schneller vor sich gegangen, wenn nicht zuweilen Industrieunternehmungen die Vorteile, die sie durch die Einführung von Elektrowärmegeräten erzielten, geheim gehalten hätten, damit ihre Wettbewerber nicht auch davon Gebrauch machen könnten.

Ein weiterer Grund, der bewirkte, daß die Entwicklung nicht allzu schnell vor sich ging, lag in der geringen Zahl der damals vorhandenen Elektrizitätswerke und dem geringen Umfang ihrer Verteilungsnetze. Ferner waren die Kilowattstundenpreise zum Teil noch recht hoch, und hinsichtlich der Tarife steckte man noch im Anfang der Entwicklung. Die Bedeutung des Gleichzeitigkeitsfaktors, der gerade bei häufig nur kurze Zeit benutzten Geräten von Bedeutung ist, war noch nicht genügend gewürdigt. Ein weiteres Hemmnis für die Entwicklung bestand darin, daß manche städtische Elektrizitätswerke wenig oder gar nichts für die Anwendung der Elektrowärme taten, um nicht die Gasanstalten, soweit sie in der gleichen Hand waren, zu schädigen. Manche Stadtverwaltung ging soweit, dem Elektrizitätswerk jede Werbung für Elektrowärmegeräte zu verbieten. Auch die Anwendung der Elektrizität zum Kochen machte nur langsame Fortschritte; sie wurde damals meist als Luxus betrachtet. Dieses Vorurteil konnte nur sehr langsam überwunden werden, und erst einer späteren Zeit blieb es vorbehalten, aus dem Luxus eine Notwendigkeit zu machen.

Naturgemäß wurde die Entwicklung der Elektrowärmetechnik auch durch die Kriegszeit und die darauf folgenden Jahre stark beeinflußt, und zwar zum Teil ungünstig, zum Teil günstig. In der ersten Nachkriegszeit sahen verschiedene Fabriken für Metallwaren eine günstige Gelegenheit zur Beschäftigung ihres Betriebes mit der Herstellung von Einrichtungen für Elektrowärme, ohne daß ihnen aber genügend Erfahrungen zur Verfügung standen. Dies führte vielfach zu Mißerfolgen. Nur langsam erst konnte diese ungünstige Beeinflussung des Marktes durch die Prüfstelle des VDE ausgeschaltet werden.

Günstig beeinflußt wurde durch die Kriegs- und Nachkriegszeit die Anwendung der elektrischen Schweißung. Während die Widerstandsschweißung schon vor dem Kriege und während desselben in geringem Umfange benutzt wurde, setzte erst nach Kriegsende eine starke Bewegung für die Verwendung der Lichtbogenschweißung ein, und zwar sowohl zum Wiederherstellen gebrochener Maschinenteile wie auch zur Ausbesserung von Fehlgüssen. Weiter wurde sie in großem Umfange benutzt zur Herstellung von Maschinenteilen, Eisenkonstruktionen, Kesseln, Schiffen usw. Welch große Erfolge durch das Schweißen erzielt worden sind, ist heute allgemein bekannt. Erwähnt seien hier nur die Vorteile, die sich beim Bau unserer ersten nach dem Kriege gebauten Kriegsschiffe ergeben haben, und weiter sei hingewiesen auf die Erfolge bei der Herstellung des turboelektrischen Fahrgastschiffes „Potsdam“[7]). Bei diesem sind im ganzen 70 km Schweißraupen aufgetragen worden, durch die 1 200 000 Stück Nieten ersetzt und 600 t Stahl erspart wurden. Das bedeutet naturgemäß eine beträchtliche Vergrößerung der Tragfähigkeit des Schiffes.

Schon während des Krieges waren an die Hüttenwerke und Maschinenfabriken weitgehende Anforderungen hinsichtlich der Steigerung der Erzeugung und der Verbesserung der Güte des Stahles sowie der Schaffung

[3]) Helios 20 (1914) H. 5 u. 6.
[4]) Vgl. den vorangehenden Aufsatz.
[5]) ETZ 32 (1911) S. 781.
[6]) ETZ 32 (1911) S. 691; 33 (1912) S. 1123.
[7]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 809.

Digitized by Google

von Ersatzstoffen gestellt worden. Hier hat nun der elektrische Ofen gute Dienste geleistet. Es war notwendig, Aluminium, Magnesium, Ferromangan, Ferrosilizium usw. zu schaffen, was nur auf elektrothermischem Wege möglich war. Wir brauchten hochwertige Stoffe zur Herstellung von Stahlhelmen, von Brustschilden, Panzern, Geschützrohren, Flugzeug- und U-Bootteilen usw. Die Lichtbogenöfen, Induktionsöfen, Hochfrequenzöfen, Widerstandsschmelzöfen, Salzbadöfen, Muffelöfen, Emaillieröfen, Trockenöfen usw. erlangten bald eine große Bedeutung, die sich immer weiter steigerte.

Die Kohlennot, die während des Krieges und noch mehrere Jahre nach demselben vorhanden war, zwang dazu, unsere Wasserkräfte weitgehend auszunutzen, so daß der Elektro-Dampfkessel überall dort, wo reichlich Wasser zur Verfügung war, Bedeutung gewann, so z. B. in Bayern und Baden.

Auf allen Gebieten wurde emsig gearbeitet, so daß die Anwendung der Elektrowärme immer weiter fortschritt, trotzdem sich viele Widerstände und namentlich auch viel Unkenntnis entgegenstellten. Daß dieser Erfolg erzielt wurde, ist zum Teil auch darauf zurückzuführen, daß die Stromabgabe der Elektrizitätswerke in der Zeit der großen Wirtschaftskrise beträchtlich zurückgegangen war. Man sah sich also gezwungen, nach neuen Absatzgebieten Umschau zu halten, und erinnerte sich der Elektrowärmetechnik, die schon seit Jahrzehnten um Anerkennung gerungen hat. Aus der Notwendigkeit heraus, neue Verbraucher zu finden, ergab sich die rasche Entwicklung, deren Ergebnis am schlagendsten anläßlich der Elektrowärmeausstellung Essen im Jahre 1933 in Erscheinung getreten ist.

Die Entwicklung der letzten 25 Jahre läßt sich am besten vor Augen führen durch die Angabe des Anschlußwertes der Elektrowärmegeräte bei den öffentlichen Elektrizitätswerken. Nach der Statistik der Elektrizitätswerke in Deutschland, nach dem Stande vom 1. 4. 1911, betrug er damals 73 120 kW, während ihn jetzt die Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung der Reichsgruppe Energiewirtschaft der deutschen Wirtschaft auf ungefähr 7 Mill kW schätzt, d. h., er ist in dieser Zeit annähernd auf das Hundertfache angestiegen. Von dieser starken Zunahme entfällt der bei weitem größte Teil auf die letzten 5 Jahre. Um dies zu zeigen, mögen von einigen Anwendungsgebieten ein paar Zahlen gegeben werden. Der Anschlußwert der industriellen Elektroöfen[8]) hat betragen:

1910 etwa 20 000 kW
1930 „ 100 000 „
1935 „ 800 000 „ .

Großküchen[9]) waren 1910 überhaupt noch nicht vorhanden;

1930 gab es etwa 300
1935 „ „ „ 1000.

An Backöfen[9]) waren in Benutzung

1930 etwa 420
1935 „ 1050.

Haushaltsküchen gab es im Jahre 1910 nur ganz wenige, während ihre Zahl im Jahre 1930 etwa 45 000 und im Jahre 1935 etwa 300 000 betragen hat. An Heißwasserspeichern waren 1930 etwa 30 000 vorhanden, 1935 schätzungsweise 110 000.

Diese außerordentlich rasche Entwicklung ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß es endlich gelungen ist, das alte unbegründete Vorurteil der zu hohen Kosten zu überwinden. Die wirtschaftliche Beurteilung ging früher fast ausschließlich von dem Standpunkt der reinen Energiekosten aus, ohne daß die anderen großen Vorzüge, wie die Einfachheit der Zuführung der Wärme, die geringen Wärmeverluste, das genaue Einhalten der Temperatur, die einfache und genaue Temperaturregelung, die gleichmäßige Wärmeverteilung, die einfache Schaltbarkeit, die große Sauberkeit, der Fortfall der Luftverschlechterung und die hohe Feuersicherheit, genügend beachtet und bewertet wurden. Manche dieser guten Eigenschaften der Elektrowärmegeräte sind oft allein ausschlaggebend für deren Anwendung. Insbesondere hat man eingesehen, daß die bei einem Verbrennungsvorgang entstehende Temperatur zwischen 1000 und 1500 ° liegt, während für die verschiedenen Anwendungsgebiete Temperaturen benötigt werden, die etwa zwischen 50 und 3000 ° liegen sollen. Bei Benutzung der Elektrizität sind wir aber in der Lage, die jeweils notwendige Temperatur genau so einzustellen, wie man sie nötig hat, und man kann sie auch in einfachster Weise selbsttätig regeln.

Von großer Bedeutung, namentlich für die Einführung der Elektrowärme auf dem Lande, ist die Ersparnis, die an Arbeitszeit erzielt werden kann. Der Bauersfrau bringt das elektrische Kochen eine bedeutende Entlastung an Arbeit, und auch der Viehfutterdämpfer ist für sie eine erhebliche Erleichterung. In einem der Dörfer, in denen versuchsweise solche Geräte zur Verfügung gestellt waren, hat eine Bauersfrau, der vorgerechnet wurde, daß der elektrische Kartoffeldämpfer doch teurer sei als die Heizung mit Kohlen, folgendes erwidert: Sie denke gar nicht daran, den Dämpfer wieder herzugeben. Sie könne jetzt morgens eine Stunde länger schlafen, habe keine Schwierigkeiten mehr mit dem Heizen und das Futter sei stets rechtzeitig fertig. Die 5 Pfennige, die die Stunde Schlaf mehr koste, bewillige sie gern[10]).

Bei dem heutigen raschen Ausbau der Überlandwerke hat die Elektrowärme deswegen so große Bedeutung, weil sie die einzige Wärmequelle darstellt, die leicht zur Verfügung steht. Für das Überlandwerk selbst bietet sich außerdem noch der Vorteil einer besseren Ausnutzung des Leitungsnetzes. Ein anderer Grund für die schnellen Fortschritte der Elektrowärmeanwendung ist darin zu sehen, daß die Elektrizitätswerke jetzt mehr und mehr dazu übergehen, geeignete Tarife zu schaffen. Erfreulicherweise ist in den letzten Jahren schon eine größere Zahl von bedeutenden Werken mit gutem Beispiel vorangegangen. Es ist zu hoffen, daß nun auch die anderen bald folgen werden. Für die Werke ist die Elektrowärme auch insofern bedeutungsvoll, als sie Gelegenheit gibt, bessere Nachtbelastung zu schaffen, und zwar durch Anschluß von Heißwasserspeichern, Futterdämpfern, Speicherbacköfen, Speicheröfen für Raumheizung und Trocknung, Absorptions-Kühlschränken usw.

Lange Jahre hindurch war das Fehlen wissenschaftlicher Untersuchungen ein Hindernis für die Entwicklung der Elektrowärmetechnik. Im Anfang wurde fast ausschließlich auf dem Wege des Probierens gearbeitet, und erst sehr spät setzten vereinzelt wissenschaftliche Untersuchungen ein. Aus diesem Grunde zeigten sich schon sehr bald bei den Arbeiten der Kommission für Elektrowärmegeräte des VDE Schwierigkeiten. Die Ansichten der Fachleute gingen oft soweit auseinander, daß es nicht möglich war, sich zu einigen. Es tauchte daher in einer im Dezember 1924 in Nürnberg abgehaltenen Sitzung der Plan auf, ein wissenschaftliches Institut für elektrische Heizung zu schaffen, und zwar wurde hierfür die T. H. Hannover in Aussicht genommen. Die Kommission stellte bei dem Vorstand des VDE den Antrag, die Errichtung eines solchen Institutes ins Auge zu fassen. Diesem wurde zugestimmt und man begann mit den Vorarbeiten. Durch die damalige schwierige Wirtschaftslage gelang es erst im Jahre 1927, die notwendigen Geldmittel für ein solches Forschungsinstitut zu sichern, so daß es am 1. 1. 1928 seine Tätigkeit aufnehmen konnte. Das Institut hat in neunjähriger Arbeit eine große Anzahl von Untersuchungen durchgeführt und in 17 besonderen Mitteilungsheften veröffentlicht. Seine ersten Arbeiten erstreckten sich darauf, Verfahren für die Ermittlung der Einzelverluste und des Wirkungsgrades der verschiedenen Geräte zu

[8]) Elektrowärme 6 (1936) S. 51.
[9]) Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 398.
[10]) Rdsch. techn. Arbeit v. 29. 1. 1936.

Digitized by Google

schaffen und damit Unterlagen zum Vergleich der verschiedenen Fabrikate zu liefern. Behandelt wurden nach diesen Gesichtspunkten unmittelbar beheizte Kochgeräte, Heißwasserspeicher, Kochplatten, Speicheröfen und Absorptions-Kühlschränke. Außerdem wurden eingehende Untersuchungen durchgeführt über Isolations- und Ebenheitsmessungen bei Kochplatten, über Temperaturregler aller Bauarten, über Wärmeisoliermittel, über die Heizleitertemperaturen und das Verhalten der verschiedenen Heizleiterarten. Die derzeitigen Untersuchungen des Instituts betreffen die keramischen Einbettungsmassen für Heizleiter, die Einwirkung verschiedener Gase auf die Heizleiterwerkstoffe und die Eigenschaften der metallischen Heizleiter für Temperaturen bis 1300 °.

Das Anwendungsgebiet der Elektrowärmetechnik ist ungeheuer mannigfaltig. Es erstreckt sich auf das Wohnhaus, die landwirtschaftlichen Betriebe, auf Handel, Gewerbe und Industrie. Das hat zur Folge, daß die einschlägigen Veröffentlichungen in einer sehr großen Zahl verschiedenster Zeitschriften zu finden sind, wodurch eine Unterrichtung über diese Dinge außerordentlich erschwert ist. Das Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der T. H. Hannover hat daher von seiner Gründung an großen Wert darauf gelegt, daß eine übersichtliche Zusammenstellung des gesamten Schrifttums dieses Gebietes geschaffen wird; das geschieht in Form einer Kartei, die z. Z. über etwa 19 000 Karten verfügt. Die wichtigsten Zeitschriften sind vom Jahre 1910, die weniger wichtigen vom Jahre 1920 ab nachträglich bearbeitet worden und alle werden dauernd weiter durchgesehen. Diese Kartei steht jedem, der davon Gebrauch machen will, gegen mäßige Gebühr zur Verfügung. Außerdem wird seit 1932 über die neuesten Veröffentlichungen in der Zeitschrift „Elektrowärme“ monatlich berichtet und die wichtigsten Schrifttumsstellen werden auch in der „Technischen Zeitschriftenschau“ bekanntgegeben. Weiter erscheint vierteljährlich in der „Elektrizitätswirtschaft“ ein Bericht, während die ETZ laufend über die interessantesten neuen Arbeiten berichtet.

Die letzten 25 Jahre haben also hinsichtlich der Entwicklung der Elektrowärmetechnik große Fortschritte gebracht, so daß man für die Zukunft eine weitere günstige Entwicklung dieses Gebietes mit Sicherheit voraussagen kann. Schätzungsweise dürfte heute schon etwa ein Drittel der gesamten Elektrizitätserzeugung für Wärmezwecke verwendet werden, und es ist damit zu rechnen, daß dieses Anwendungsgebiet in Zukunft das bedeutendste der Elektrotechnik werden wird.

Auswahl der Werkstoffe für elektrische Wärmeerzeugung.

621. 364. 1. 002. 3

Bei der elektrischen Widerstandsheizung, bei der der Heizleiter selbst auf der höchsten Temperatur ist, die in einem solchen Ofen herrscht, ist die Werkstofffrage von ausschlaggebender Bedeutung, zumal in vielen Fällen die Heizelemente bei der hohen Temperatur mit gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffen in Berührung kommen, die dem Heizleiter-Werkstoff nicht zuträglich sind. W. Hessenbruch behandelte diese Fragen in einem Vortrag[1]).

[1]) W. Hessenbruch, Vortrag gelegentlich der Hauptversammlung der Dechema, am 10. 7. 1936 in München.

Er gab zunächst eine Übersicht über die wesentlichen Eigenschaften der technisch wichtigen Heizleiterstoffe. Wichtige Stoffkonstanten sind der elektrische Widerstand und sein Temperatur-Beiwert, die Maximal-Gebrauchstemperatur, die Oberflächenbelastung und die Warmfestigkeit. An Hand von Mikroaufnahmen von angegriffenen Heizelementen wurden einige typische Fälle von Heizleiter-Korrosionen besprochen. Die bisherigen Erfahrungen werden in der nachfolgenden Zusammenstellung in gedrängter Übersicht wiedergegeben:

Verwendbarkeit von Heizleiter-Werkstoffen.

Atmosphäre bzw. Umgebung des Heizleiters enthält	unzweckmäßiger Heizleiter-Werkstoff	zweckmäßiger Heizleiter-Werkstoff	brauchbar bis zu einer Temperatur von °C
Wasserstoff . . .	—	Nickel	1000
		Eisen	1100
		Chromnickel	1200
		Cr-Al-Stähle (hochleg.)	1350
		Molybdän	2100
		Wolfram	2800
Sauerstoff (Luft) .	reine unedle Metalle	insbes. Chromnickel	1200
		Cr-Al-Stahl(hochlegiert)	1350
Stickstoff	hoher Al- u. Cr-Gehalt, insbesond. in Fe-Legierungen	hoher Nickelgehalt! eisenfreies CrNi	1200
Halogene	hoher Fe-Gehalt nachteilig	hoher SiO_2-Gehalt im Oxyd! CrNi 80/20 mit höherem Si-Gehalt	300
Wasserdampf . .	hoher Fe-Gehalt (Rosten und anomale Oxydation!)	Cr-Fe-Al-Legierungen	1350
		CrNi 80/20	1100
		CrNi 65/15/25	950
Kohlenwasserstoffe	hoher Fe-Gehalt	eisenfreies CrNi 80/20	1050
Kohlenoxyd . . .	„	„	1050
Schwefelwasserstoff	hoher Ni-Gehalt	Cr-Al-Stähle (hochleg.)	950
		CrNi mit nicht mehr als 30% Ni	900
Schwefeldioxyd		als Guß B 10 A	

Atmosphäre bzw. Umgebung des Heizleiters enthält	unzweckmäßiger Heizleiter-Werkstoff	zweckmäßiger Heizleiter-Werkstoff	brauchbar bis zu einer Temperatur von °C
Ammonium-Verbindungen . .	hoher Fe-Gehalt	hoher Ni-Gehalt erwünscht, eisenfreies CrNi 80/20	1100
Leuchtgas* . .	hoher Fe-Gehalt, besonders wenn ohne höhere Al-Gehalte	eisenfreies CrNi 80/20	1000
Generatorgas* .		Cr-Al-Stähle (hochleg.)	1200
Wassergas* . .			
Glas, Schlacken, Emaille	eisenhaltiges CrNi hoher Mn-Gehalt	eisenfreies CrNi 80/20	(1100)
		(Cr-Al-Stähle (hochleg.)	(1200)
Glimmer		eisenhaltige Cr-Ni-Legg. (Konstantan)	500 (400)
Asbest		Nickelin, Konstantan, Cr-Ni-Legierungen	400
Kieselgur, meist schwefelhaltig .	hoher Nickelgehalt	Cr-Al-Stähle	
		CrNi mit niedr. Ni-Gehalt	800
Steatit u. ähnl. .	Fe-Gehalte über 50%	eisenfreies Cr-Ni	
		Cr-Al-Stähle (hochleg.)	1000
Schamotte . . .		alle Cr-Ni-Stähle	
		Cr-Al-Stähle	1000 ··· 1300
Siliziumkarbid . .	hoher Fe-Gehalt	hoher Ni- oder Al-Gehalt	1000 (1200)
Tonerde		alle Cr-Ni-Legierungen u. Cr-Al-Stähle	(1800) 1300

*) Von Schwefel gereinigt.

eb.

Digitized by Google

Werkstoffe für Elektrowärmegeräte.

Von A. Thum und F. Meyercordt, Darmstadt.

620. 1 : 621. 364

Übersicht. Der Aufbau der elektrischen Wärmegeräte wird beschrieben und auf die thermischen und mechanischen Beanspruchungsverhältnisse der einzelnen Teile eingegangen. Diese sind bestimmend für die Wahl der Werkstoffe, deren Zusammensetzung und Anwendungsgrenzen besprochen werden.

Die elektrische Energie fand ihre erste allgemeine Anwendung im Beleuchtungswesen. Hier waren ihre Vorteile, nämlich große Bequemlichkeit, Sauberkeit und Ungefährlichkeit besonders in die Augen springend. Erst später setzte sich die elektrische Kraftübertragung durch, als die elektrische Energie in großen Dampfturbinen- und Wasserkraftanlagen billig erzeugt werden konnte und auch die elektrischen Antriebsmotoren konstruktiv vervollkommnet waren und preiswert hergestellt werden konnten. Verhältnismäßig am spätesten fand die elektrische Energie Eingang in die Heiz- und Wärmetechnik. Hier bei den Elektrowärmegeräten handelt es sich um die vielseitigste Anwendung für den Haushalt, das Gewerbe und die Industrie. Mit Ausnahme der Industrieöfen sind es meist kleine Geräte mit geringen Energiemengen. Bevor aber hier die allgemeinen Vorzüge der elektrischen Energie zur Geltung kommen konnten und daher eine größere Anwendung möglich war, mußte eine Reihe von Hindernissen aus dem Wege geräumt werden. Zunächst mußte der Preis der Wärmeeinheit von den Elektrizitätswerken auf ein tragbares Maß gesenkt werden. Weiterhin war es notwendig, die Geräte billig herzustellen, eine Aufgabe, die angesichts der wertvollen im Elektrowärmegerätebau benötigten Werkstoffe nicht einfach zu lösen war. Die größten Schwierigkeiten bereitete aber die Betriebssicherheit der Geräte. Diese war für die an sie zu stellenden Anforderungen lange Zeit viel zu gering. So seltsam es auch anmuten mag, auf keinem Gebiete der Technik waren die Werkstoff- und konstruktiven Fragen so wenig geklärt wie auf dem der Elektrowärmegeräte. Wärmeermüdung, Kriechfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit, Fragen, die erst in den letzten Jahren in der Technik größere Aufmerksamkeit fanden und einem eingehenden Studium unterworfen wurden, bereiteten hier lange Zeit große Sorgen.

Die Elektrowärmegeräte wurden ursprünglich handwerksmäßig hergestellt. Erst durch die wissenschaftliche Technik, die sich auf systematische Forschungen unter Heranziehung der Physik, Chemie, Metallurgie, Mathematik, Werkstoffkunde und neuzeitlichen Konstruktionslehre stützte, konnten die hier vorliegenden wichtigsten Aufgaben einer befriedigenden Lösung zugeführt werden. Es mag dem Uneingeweihten sonderbar erscheinen, daß sich dem Bau und der zweckmäßigen und betriebssicheren Herstellung solcher meist kleinen Geräte oft größere Schwierigkeiten entgegenstellten als der Herstellung von großen Maschinen. Da bei den Elektrowärmegeräten in der Regel ein äußerer Kraftangriff nicht vorhanden ist, so vermutet der Nichtfachmann, daß hier überhaupt keine nennenswerten mechanischen Beanspruchungen vorhanden sind. In Wirklichkeit handelt es sich aber oft um sehr hohe Beanspruchungen, nämlich um sog. Wärmespannungen, die wegen der hohen und wechselnden Temperaturen besonders gefährlich sind. Weiterhin sind die hier verwendeten Werkstoffe meist starken korrosiven Einwirkungen ausgesetzt, sowohl im kalten Zustande als insbesondere bei den hohen Temperaturen. Dazu kommt noch die Frage der elektrischen Isolationsfestigkeit, die in manchen Fällen große Schwierigkeiten bereitet. So finden wir also, daß beim Bau von Elektrowärmegeräten eine Reihe von schwierigen technischen Sonderaufgaben vorliegt, die man in der Großmechanik oft nicht kennt, und es waren große Anstrengungen von seiten der Werkstoffhersteller, Forscher und Konstrukteure nötig, um das vielseitige Bedürfnis nach einfachen, zweckmäßigen und billigen Elektrowärmegeräten zu befriedigen und sie in ihrer heutigen Betriebssicherheit auf den Markt zu bringen.

Der Aufbau der Geräte.

Der Aufbau der Heizgeräte ist im einzelnen je nach dem Verwendungszweck sehr verschiedenartig. Ganz allgemein können wir in der Regel drei wesentliche Bestandteile unterscheiden: 1. die eigentliche Wärmequelle, den metallischen Heizleiter, in dem die Umsetzung der elektrischen Energie in Wärme stattfindet, 2. die elektrische Isolation des Heizleiters gegen das Gehäuse, die zumeist auch noch die Aufgabe hat, den Heizleiter zu tragen und ihn mit dem Gehäuse zu verbinden, 3. das Gehäuse oder die Ummantelung. Das Gehäuse hat wiederum verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Es hat den Wärmeleiter mit seiner Isolation aufzunehmen und die Verbindung zwischen dem zu erwärmenden Stoff und der Wärmequelle herzustellen. Hierbei wirkt das Gehäuse teilweise nur als Träger des zu erwärmenden Stoffes, z. B. im Falle der Brotröster, der Grillöfen und ähnlicher Geräte, also besonders in den Fällen, wo die Wärme in der Hauptsache durch Strahlung oder durch den Luftumlauf übertragen wird. In den meisten Fällen, vor allem bei den Küchengeräten, hat das Gehäuse jedoch die Aufgabe, die im Heizleiter erzeugte Wärme unmittelbar weiterzuleiten auf das zu erwärmende Gut, wie z. B. bei den Tauchsiedern, den Büglern, den Kochplatten und den Wasserkochern. In allen diesen Fällen wird die Wärme im wesentlichen durch Leitung infolge unmittelbarer Berührung übertragen, weniger durch Strahlung und Konvektion. Durch den Aufbau der Geräte sind die Beanspruchungen und Anforderungen bedingt, die man an die Werkstoffe für ihre verschiedenen Teile stellen muß.

Der Heizleiter.

Den höchstbeanspruchten Teil der Wärmegeräte stellt der Heizleiter dar. Er ist sehr hohen Temperaturen ausgesetzt und außerdem in den Fällen, wo er ohne Umkleidung als Strahlungsheizkörper wirkt, noch dem ungestörten Zutritt der Luft. Hinzu kommen noch verschiedenartige korrosive Angriffsmöglichkeiten, sei es durch die Feuchtigkeit der Luft, die von der oft hygroskopischen Isoliermasse aufgenommen wird, durch überkochende Flüssigkeit, deren angreifende Stoffe durch das Verdampfen des Wassers sich immer mehr anreichern können, oder durch Bildung von örtlichen Elementen, z. B. an Schweiß- und Lötstellen, deren Wirkung sich durch die Übergangsströme noch vergrößert. Die Heizleiter müssen darum aus temperatur- und korrosionsfesten Werkstoffen bestehen. Insbesondere ist von ihnen zu verlangen, daß sie warmfest sind, neben einem hohen spezifischen Widerstand möglichst einen gleichbleibenden Temperaturkoeffizienten besitzen, keinen Gefügezerfall oder Umwandlungen in dem Bereich ihrer Arbeitstemperaturen erfahren, und daß alle diese Eigenschaften trotz häufigen Wechsels zwischen Raum- und Verwendungstemperatur unverändert erhalten bleiben. Außer hoher Zunderungs- und Oxydationsbeständigkeit bei höheren Temperaturen wird häufig besondere Korrosionsfestigkeit gegen bestimmte Gase namentlich im Industrieofenbau verlangt. Herstellungstechnische Gesichtspunkte erfordern hohe Festigkeit und Zähigkeit zur Erleichterung der Kaltformgebung, leichte Bearbeitbarkeit bis zu geringen Blech- und Drahtstärken und gute Schweißbarkeit.

Digitized by Google

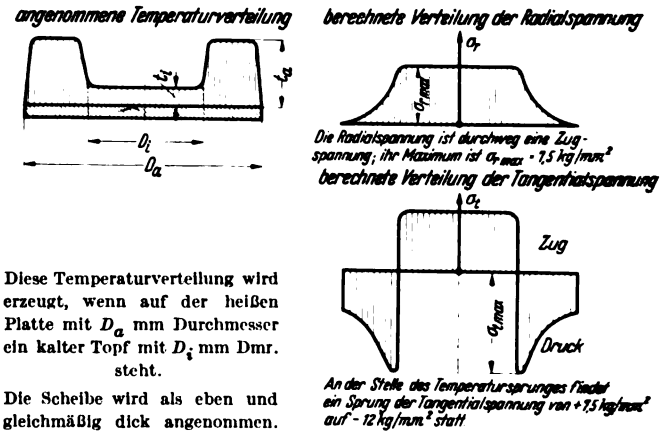
Weiter unten wird gezeigt werden, in welcher Weise die werkstofferzeugende Industrie allen diesen Forderungen gerecht zu werden versucht hat.

Die Isolation.

Nicht viel weniger hoch beansprucht sind die elektrischen Isolierstoffe, die den Heizleiter umgeben oder tragen. Von ihnen werden hohe elektrische Isolierfähigkeit bei erhöhter Temperatur, Feuerfestigkeit, chemische Beständigkeit (keine Umwandlungen im Arbeitsbereich) und Formbeständigkeit verlangt. Außer diesen Gesichtspunkten, die allein durch die hohe thermische Beanspruchung bedingt werden, ist noch die hohe mechanische Beanspruchung zu berücksichtigen, die dadurch entstehen kann, daß Körper mit verschiedenen Wärmeausdehnungen bei verschiedenen Temperaturen starr miteinander verbunden sind. Beim Ein- und Ausschalten der Geräte und bei Veränderung der Temperaturverteilung werden in diesen Fällen in allen starr miteinander verbundenen Teilen hohe wechselnde Beanspruchungen hervorgerufen. Darum muß von den Isolierstoffen auch ausreichende mechanische Festigkeit, insbesondere Wechselfestigkeit, verlangt werden. Durch unvorsichtige Behandlung der Geräte, durch schroffes Abschrecken und ferner bei der Herstellung können schlagartige mechanische Beanspruchungen hervorgerufen werden, denen die Isolierstoffe eine ausreichende Schlagfestigkeit entgegenzusetzen haben. Ferner ist auch häufig ein möglichst gutes Wärmeleitvermögen von den Isoliermassen zu verlangen, da sie in allen den Fällen, wo sie den Heizleiter umkleiden, außer der Aufgabe der elektrischen Isolierung auch die der Weiterleitung der entstehenden Wärme haben. Diese Forderung erscheint auf den ersten Blick widersinnig, da elektrische Isolierkörper ihrer Natur nach sehr schlechte Wärmeleitkörper sind. Wir sehen also, daß außerordentlich vielseitige und oft sich widersprechende Eigenschaften von den Baustoffen verlangt werden müssen. In ganz besonderem Maße gilt dies oft für die Gehäuse und Umkleidungsstoffe.

Die Beanspruchungen der Geräte.

In den Fällen, wo das Gehäuse lediglich die Aufgabe besitzt, die Wärmequelle und den zu erwärmenden Körper zu tragen, ohne selbst den Wärmefluß vermitteln zu müssen, sind die chemischen und mechanischen Beanspruchungen der Werkstoffe gering. In den Fällen jedoch, wo Heizleiter, Isolierung und Gehäuse ein starr verbundenes Ganzes bilden, können außerordentlich hohe Beanspruchungen auftreten. Die Ursache hierfür ist in der verschiedenartigen Temperaturverteilung und der Wärmeausdehnung der verschiedenen Aufbauteile zu suchen, die eine hohe gegenseitige Verspannung hervorrufen, der die Festigkeit der Stoffe selbst und ihrer Verbindungsstellen gewachsen sein muß. Darum sind z. B. die elektrische Kochplatte und die mit ihr verbundenen Teile auch mechanisch hoch beansprucht. Von diesem Gesichtspunkt der mechanischen Beanspruchung als Folge ungleichmäßiger thermischer Belastung aus sind gerade die Kochplatte und die im Aufbau ihr ähnlichen Geräte sehr lehrreich. Hier treten nämlich, außer den genannten Beanspruchungen an den Verbindungsstellen, in der Kochplatte selbst sehr hohe Spannungen auf infolge des ungleichmäßigen Wärmeabflusses von ihrer Oberfläche in das Gefäß mit dem zu erwärmenden Gut. Schematisch und idealisiert sind die Verhältnisse in Abb. 1 an einer ebenen erhitzten gußeisernen Scheibe mit gleichmäßigem Wärmeentzug in der Mitte dargestellt. Hierbei ergibt sich, daß der äußere, von dem Gefäß nicht bedeckte Ring eine viel höhere Temperatur annimmt als das Mittelteil. Der wärmere Außenring sucht sich auszudehnen, wird aber durch die kältere mittlere Zone daran gehindert. Der Vorgang entspricht etwa dem umgekehrten Schrumpfungsvorgang. Der Außenring erhält in tangentialer Richtung Druckspannungen, das Innenteil ist allseitig durch Zugspannungen verspannt. In radialer Richtung wirken überall Zugspannungen, die nach außen abnehmen und den Zusammenhalt des gesamten Systems ergeben. An der Stelle des Temperatursprunges zwischen den warmen und den kälteren Zonen tritt auch ein bedeutender Spannungssprung auf, der dem Werkstoff gefährlich werden kann.



Diese Temperaturverteilung wird erzeugt, wenn auf der heißen Platte mit D_a mm Durchmesser ein kalter Topf mit D_i mm Dmr. steht.

Die Scheibe wird als eben und gleichmäßig dick angenommen.

Maße: $D_a = 200$ mm; $D_i = 100$ mm; $t_a = 300\,^\circ$C; $t_i = 100\,^\circ$C.

Werkstoff: Gußeisen

Elast.-Modul $E = 1\,000\,000$ kg/cm²

Ausdehnungskoeffizient $\beta = 1 \cdot 10^{-5}$

Allgemeiner Ausdruck für die Wärmespannungen:

$$\sigma = E\,\beta\,(t_a - t_i)\cdot f\left(\frac{D_i}{D_a}\right)$$

Abb. 1. Spannungsverteilung in einer ebenen gußeisernen Scheibe infolge ungleichmäßiger Temperaturverteilung (schematisch).

In Wirklichkeit sind in der Regel die mechanischen Beanspruchungszustände bedeutend verwickelter als in diesem Beispiel, zunächst dadurch, daß nicht nur die Verteilung des Temperaturfeldes viel ungleichmäßiger ist, sondern daß es sich je nach den zufälligen Betriebsverhältnissen und nach der Oberflächenbeschaffenheit von Platte und Topf auch stetig verändert. Wir haben es in der Praxis tatsächlich mit einer wechselnden Beanspruchung zu tun, ohne daß äußere Kräfte einwirken. Dieser Beanspruchungszustand, der allein durch die ständigen Temperaturveränderungen hervorgerufen wird, kann in ähnlicher Form wie bei schwingend durch äußere Kräfte beanspruchten Maschinenteilen Zerrüttungs- oder Dauerbrüche hervorrufen. Ein Beispiel hierfür zeigt Abb. 2, die eine Kochplatte darstellt mit einem thermischen Zerrüttungsbruch. Die tangentialen Risse liegen gerade im Gebiet des größten Temperatursprunges. In diesem Zusammenhange sei auf ähnliche Bruchercheinungen an den Arbeitskolben von Verbrennungskraftmaschinen verwiesen [21][1]). In Wirklichkeit wird jedoch dadurch, daß alle Legierungen bei den in Frage kommenden höheren Temperaturen eine verminderte Festigkeit und erhöhtes Fließvermögen besitzen, der Spannungszustand durch örtliches Fließen gemildert. Diese Vorgänge und das Wachsen z. B. des Gußeisens sind die Ursachen für die sehr unerwünschten Verwerfungen und Verziehungen, die ihrerseits den

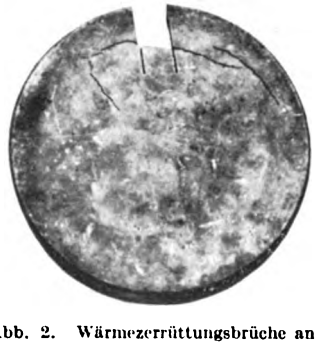


Abb. 2. Wärmezerrüttungsbrüche an einer Kochplatte. Die Brüche liegen im Gebiete des größten Temperaturunterschiedes.

[1]) Die Zahlen in [ ] verweisen auf die Zusammenstellung des Schrifttums am Schluß dieser Arbeit.

Digitized by Google

Wärmeentzug und die Temperaturverteilung wiederum ungünstiger werden lassen und erneute Spannungserhöhung zur Folge haben.

Um dieser außerordentlichen Schwierigkeiten Herr zu werden, muß man nicht nur vom werkstofflichen Standpunkt, sondern vor allem vom baulichen an die Frage herangehen. Von seiten des Werkstoffes kann naturgemäß viel getan werden, um die Beanspruchungen selbst zu mildern. So ist eine hohe Wärmeleitzahl erwünscht, um das Temperaturfeld möglichst gleichmäßig zu gestalten. Ein möglichst geringer Ausdehnungskoeffizient in Verbindung mit niedrigem Starrheitsgrad des Werkstoffes (E-Modul) ergibt ein geringes Übersetzungsverhältnis von Temperaturunterschieden in Spannungsunterschiede. Außerdem ist auf hohe Warmfestigkeit [25], besonders Temperaturbeständigkeit zu achten. Bei Gußeisen, dem billigsten und wegen seiner leichten Formgebung besonders gern verwendeten Werkstoff ist zu berücksichtigen, daß es bei höheren Temperaturen nicht mehr volumenbeständig ist (Wachsen [22, 23]). Die Wachstumsbeständigkeit wird jedoch mit zunehmender Werkstoffgüte größer und kann außerdem durch den allerdings verteuernden Zusatz von Chrom, Nickel oder Molybdän [24] gesteigert werden.

Außer der richtigen Baustoffauswahl ist vor allem auf konstruktive Verbesserung der Platte hinzuarbeiten. Das Ziel muß sein, die Formgebung so zu wählen, daß die Wärmeausdehnung möglichst ungehindert vor sich gehen kann. Es ist unbedingt zu vermeiden, Heizplatten an den Rändern durch Wulste allzusehr zu versteifen; der Querschnitt sollte so dünn wie möglich gehalten sein und die Heizelemente in seiner Symmetrieebene untergebracht werden. Besonders günstiges Verhalten ist zu erwarten, wenn man den versteifenden Kern fortläßt. Hat man durch Schaffung ausreichender Dehnlängen eine günstige Gestalt erreicht, dann wird man mit billigen und devisensparenden Werkstoffen etwa dasselbe erreichen können wie mit hochgezüchteten Sonderwerkstoffen.

Das Problem des thermischen Zerrüttungsbruches, das an dem einfachen Falle des geschlossenen Plattenheizkörpers eben dargelegt wurde, tritt naturgemäß bei allen Teilen auf, die einem Temperaturgefälle ausgesetzt sind. Das gilt vor allem für die Heizleiter, deren Oberflächentemperatur im allgemeinen etwas niedriger als die Innentemperatur ist. Hierdurch erfährt die Oberfläche Zugvorspannungen, durch die übrigens auch der korrosive Angriff wesentlich erhöht wird. Wir müssen bei Oberflächen unterscheiden zwischen der geometrischen Oberfläche und der molekularen, die ein Mehrfaches der meßbaren geometrischen Oberfläche beträgt. Wir können uns die wirkliche Oberfläche vorstellen wie ein Gletscherfeld mit vielen Spalten. Wenn diese Spalten durch Zugspannungen aufklaffen, dann ist die korrosive Wirkung viel größer. Für die Haltbarkeit der Heizleiter wirkt sich vornehmlich eine häufige Veränderung des Temperaturzustandes ungünstig aus, weil durch den Wechsel der Oberflächenspannung die Werkstoffzerrüttung begünstigt wird. Somit wird es verständlich, warum gerade die Schalthäufigkeit und die Art der Regelung (Abschalten oder Einschalten statt Stromregelung) die Lebensdauer der Heizleiter begrenzen. Z. B. hat ein Heizgerät, das dauernd im Betriebe ist, eine bedeutend höhere Lebensdauer in Betriebsstunden gemessen als ein unterbrochen arbeitendes, bei dem Aufheizen und Abkühlen in schnellem Wechsel folgen.

So ergeben sich beim Bau von Elektroheizgeräten neben den werkstofflichen Fragen, auf die im folgenden genauer eingegangen wird, vor allem konstruktive Aufgaben, die ein hohes Einfühlungsvermögen in die Beanspruchungs- und Verformungsvorgänge erfordern. So bedeutungsvoll auch die Werkstoff-Frage an sich für diese Geräte ist, so wird diese doch nur in Verbindung mit der weiteren konstruktiven Entwicklung und Verbesserung zu neuen technischen Fortschritten führen können.

Die Heizleiterwerkstoffe.

Nach diesen Erörterungen über die Beanspruchungen der Wärmegeräte sei auf die verschiedenen Werkstoffe etwas näher eingegangen. Wegen der vielseitigen Ansprüche, die an die Werkstoffe der Heizgeräte hinsichtlich ihres thermischen und korrosiven Verhaltens gestellt werden müssen, kann auf die Verwendung von veredelnden Zusätzen nicht verzichtet werden. Dies gilt vor allem für die Heizleiter. Früher verwendete man für sie Platin in Drahtform und legiert mit Gold als einen auf die Isolierung aufgebrannten Film [1], dann Nickel und seine Legierungen. Von letzteren sind Neusilber (60 Cu, 17 Ni, 23 Zn) und Nickelin (67 Cu, 31 Ni, 2 Mn) jedoch wegen des Verzunderns nur bis zu Temperaturen von etwa 500 ° C zu gebrauchen. Heute ist man allgemein zu den Chromnickellegierungen [3, 7, 8, 9] übergegangen. Der Zusatz von Chrom macht das Nickel zunderungsfest (Nickel selbst oxydiert bei 1000 ° C merklich). Diese Legierungen besitzen einen hohen spezifischen Widerstand, im Mittel 1,1 Ω/mm^2 m, und sind deshalb zur Erzeugung von Elektrowärme sehr geeignet. Sie sind verwendbar bei dauernden Gebrauchstemperaturen bis zu 1000 ° C. Der Temperaturkoeffizient verläuft im Gebiet von 500 bis 700 ° C unstetig. Zwei Legierungsarten werden am meisten verwendet:

a) Eisenhaltiges Nickelchrom, z. B. WM 100: 60 Ni, 15 Cr, 23 Fe, 2 Mn. Der Zusatz von Eisen macht die Legierung zäher und erhöht die mechanische Festigkeit, die ebenfalls durch den Manganzusatz gesteigert wird. Diese Legierung wird verwendet bei Betriebstemperaturen bis 750 ° C.

b) Eisenfreies Nickelchrom, z. B. WM 110 bis 120: 80 Ni, 20 Cr, etwas Mn. Die zulässige Betriebstemperatur nimmt mit dem Chromgehalt zu. Der Höchstwert liegt bei etwa 20 % Chrom. Wegen der mit dem Chromgehalt zunehmenden Versprödung ist die Herstellung dünner Drähte bei noch höheren Chromgehalten sehr schwer. Die Betriebstemperaturen dürfen bis zu 1000 ° C betragen. Durch Zulegieren von kleineren Mengen Molybdän und Mangan, die die Warmfestigkeit noch erhöhen und oxydationsfester machen, werden noch einige Abarten dieser beiden Legierungsarten gewonnen. Der Molybdängehalt erhöht insbesondere die Korrosionsbeständigkeit gegen Elektrolyse, die im heißen Zustand durch Leitendwerden des keramischen Trägers, im kalten Zustand aber durch Feuchtigkeitsaufnahme der Einbaumasse entstehen kann. Eisengehalte bis zu 2 % benachteiligen erfahrungsgemäß die Lebensdauer der eisenfreien Nickelchromlegierungen nicht, jedoch wird ein Kohlenstoffgehalt von mehr als 0,1 % gefährlich, da durch ihn die Gefahr der Bildung von Karbiden besteht, die sich in den Korngrenzen abscheiden und interkristalline Korrosion begünstigen. Die Lebensdauer der Heizleiter hängt in hohem Maße von den Betriebsbedingungen und außerdem vom Reinheitsgrad der Legierung und der mechanischen Vorbehandlung ab. Die Lebensdauer wird ferner beeinflußt von der Größe des Drahtquerschnitts. Dicke Drähte halten länger als dünne. Dies ist auf den Einfluß der Korrosion zurückzuführen und dadurch zu erklären, daß das Verhältnis der gefährdeten Oberfläche zum Querschnitt bei den dicken Drähten kleiner ist als bei dünnen. Für die Haltbarkeit der Heizkörper in Heizgeräten und Industrieöfen ist ferner eine ausreichende mechanische Festigkeit bei hohen Temperaturen erwünscht. Man prüft sie durch die Bestimmung der Kriechgrenze (Dauerstandfestigkeit) im Dauerzugversuch. Das ist jene Belastung, bei der während einer langen Zeit nur eine sehr kleine Verlängerung eintritt. Durch Glühen bei hoher Temperatur tritt bei den Chromnickellegierungen eine Kornvergrößerung ein, wodurch auch die Kriechgrenze gehoben wird. Die Dauerstandfestigkeit der Cr-Ni-Fe-Legierung ist etwa doppelt so groß wie die von reinem Nickel, die der reinen Chromnickellegierung ist rd. 2,5mal so groß.

Digitized by Google

In jüngerer Zeit wurden für besonders hohe Gebrauchstemperaturen bis zu 1300 ° C Chromeisenlegierungen mit einem gewissen Al-Zusatz [2, 4, 5, 6] entwickelt. Diese Legierungen sind z. B. unter dem Namen Kanthal und Megapyr im Handel. Der Warmwiderstand nimmt bei diesen Legierungen nach längerer Betriebszeit zu unter gleichzeitiger Vergrößerung der Korngröße. Es besteht die Gefahr der Abscheidung von Karbiden und ähnlichen Verbindungen an den Korngrenzen, hierdurch werden diese Legierungen vor allem bei Raumtemperaturen spröde. Die hohe Hitzebeständigkeit beruht auf dem Schutz der Oberfläche durch Oxydbildung: es entstehen FeO, Cr_2O_3, Al_2O_3. Mit zunehmender Temperatur nimmt in der Oxydschicht der Al_2O_3-Gehalt zu, wodurch eine glatte Oxydhaut entsteht, die den Werkstoff schützt und ihn insbesondere auch gegen schwefelhaltige Luft und Gase (gegenüber den Chromnickellegierungen) widerstandsfähiger macht. Die Legierungen haben sich in Industrieöfen bereits bewährt. Bei der Verwendung in Haushaltgeräten sind Schwierigkeiten aufgetreten durch die Herstellung der notwendigen kleinen Drahtdurchmesser, durch die geringe Festigkeit bei hohen Temperaturen und die im Laufe der Zeit zunehmende Versprödung. Diese Schwierigkeiten sind wohl zum Teil behoben, jedoch verfügen Erzeuger und Verbraucher noch nicht über das erforderliche Maß von Erfahrung, um die allgemeine Verwendung heute schon als gesichert ansehen zu können.

Die Isolierstoffe.

Neben dem Heizleiter ist der elektrische Isolierkörper ein wesentlicher Bestandteil des elektrischen Heizgerätes. Man unterscheidet im wesentlichen Isolierkörper, die auf der Grundlage des Glimmers für Heizleitertemperaturen bis 600 ° C und auf der Grundlage der keramischen Massen bis zu Heizleitertemperaturen von 1000 ° C verwendbar sind. Porzellan eignet sich für Elektrowärmemassen nicht, da es zum Teil keine ausreichende Durchschlagsfestigkeit bei erhöhter Temperatur besitzt oder bei Temperaturwechsel durch den Quarzgehalt seine Kristallform ändert, wodurch sich die Temperaturbeständigkeit vermindert.

Steatit [10, 14], das überwiegend aus Magnesiumsilikat besteht, ist den genannten Stoffen überlegen. Es wird aus Speckstein verarbeitet, der auf deutschem Boden überreich vorkommt. Die nicht gesinterten Steatitmassen besitzen jedoch noch einen zu hohen Ausdehnungskoeffizienten, so daß sie bei hohen Temperaturen leicht durch innere Spannungen zu Bruch gehen. Man verwendet diese Massen daher für niedrig erhitzte Teile, wie Kontaktbuchsen, Anschlußklemmen, Steckerstiftsockel usw., die Temperaturen bis etwa 350 ° C ausgesetzt sind. Durch die Verbindung von Magnesiumsilikat zu tonsubstanzreichen Massen [11, 13] lassen sich im Rahmen des Dreistoffsystems MgO-Al_2O_3-SiO_2 verschiedene Isoliermassen herstellen, die auch den Ansprüchen bei höheren Temperaturen entsprechen. Durch entsprechende Zuschläge lassen sich auf dieser Grundlage grobporige, feinporige und dichte Massen herstellen. Von diesen sind die grobporigen wegen ihres geringen E-Moduls und der hohen Temperaturwechselfestigkeit für hohe Beanspruchungen, z. B. Glühkochplatten usw., geeignet. Bei dünnen Querschnitten werden die feinporigen und dichten Massen vorgezogen, die sich durch leichte Formgebung auszeichnen.

Eine Sonderfrage ist in diesem Zusammenhang die elektrische Isolierung von Heizleitern in Kochplatten. Hierfür sind Einbettungsmassen gebräuchlich, deren isolierende Grundstoffe in der Regel aus MgO und anderen geeigneten Metalloxyden oder Silikaten bestehen. Sie werden unter hohem Druck zusammen eingepreßt und bei Temperaturen zwischen 500 ° und 1000 ° C geglüht.

In besonders geschickter Form ist die elektrische Isolierung der Rohrheizkörper gelöst, z. B. beim Backer-Rohr [15] und dem Istra-Heizkörper [16]. Hier wird MgO benutzt, das beim Backer-Rohr durch Behandlung von Mg mit hocherhitztem Wasser gewonnen wird. Dieses Oxyd verbindet beste elektrische Isolierfähigkeit selbst bei höchsten Temperaturen mit verhältnismäßig hohem Wärmeleitvermögen.

Als Werkstoff für die elektrische Isolierung bei geringeren Temperaturen werden Glimmer und Asbest, der letztere jedoch nur bei Heizkissen [17] verwendet. Man unterscheidet nach ihrer Herkunft hauptsächlich zwei Arten von Glimmer: Muskowit (Rußland) und Amberglimmer (Kanada). Der letzte ist dem russischen Glimmer überlegen. Die elektrische Durchschlagfestigkeit des Glimmers ist sehr hoch. Bei höherer Temperatur wird die Verwendbarkeit begrenzt durch die Erscheinung des Kalzinierens (Kristallwasserabgabe). Diese tritt bei Muskowit bei 550 bis 600 ° C, bei Amber erst bei 750 bis 900 ° C ein. Man verwendet ihn daher bei Geräten, die niedrigen Temperaturen ausgesetzt sind: Bügler, Brotröster, Flach-, Block- und Ringheizkörper usw. Der Glimmer wird meist als mit einem Bindemittel (Schellack, Glyptal u. ä.) verpreßter Spaltglimmer (Mikanit) verwendet, weil der Reinglimmer in größeren Stücken nur selten vorkommt. Der Glimmergehalt soll jedoch für Heizzwecke mindestens 97 % betragen.

Gehäusewerkstoffe.

Die Werkstoffe für das Gehäuse der Heizgeräte bzw. die Ummantelung des Heizkörpers sind je nach der Arbeitsweise der Geräte verschieden hoch thermisch und durch Korrosion beansprucht. Aus herstellungstechnischen Gründen wird meist noch gute Kaltverformbarkeit (Tiefziehfähigkeit) gefordert. Aus ästhetischen und hygienischen Gründen wird zumeist verlangt, daß das Aussehen der Oberfläche sich nicht verändert. Es kommen für diese Zwecke Kaltform- und Gußteile in Frage. In der Hauptsache wird man bestrebt sein, mit Messingblech, Stahlblech, Gußeisenformteilen und Messing- bzw. Rotguß auszukommen. Als Oberflächenschutz verwendet man elektrolytische Überzüge aus Ni, Cr oder Ni-, Al-, Mo-, V2A-Plattierung, auch Emaillierung und hitzebeständige Lacke.

Für rost- und hitzebeständige Teile ist die Verwendung hoch mit Ni und Cr legierter Stähle oft nicht zu vermeiden. In diesen Fällen werden die VA-Stähle (18 Cr, 8 Ni, 0,15 C), die NCT-Stähle (20 Ni, 25 Cr) und FF-Stähle (Cr, Si, Fe), die sich durch hohe Zunderungs- und Korrosionsfestigkeit auszeichnen, genommen. Bei nicht zu hoher Beanspruchung erfüllen die Bronzen und Sondermessinge alle Anforderungen.

In vielen Fällen, z. B. für die Rohrmäntel der Rohrheizkörper, wendet man aus preislichen Gründen bei Temperaturen über 400 ° C Stahlrohre an, die durch eine Oberflächenbehandlung zunderungsbeständig gemacht werden. Neben der Starkvernickelung ist die Behandlung der Oberfläche mit Aluminium gebräuchlich (Alumetieren [26], Alitieren [27, 28]), das bei höherer Temperatur in die Eisenoberfläche eindiffundiert und deren Zunderungsbeständigkeit um ein Vielfaches gegenüber dem unbehandelten Werkstoff erhöht. Diese Schutzschichten sind jedoch spröde und schlagempfindlich. Auch gegen Korrosionsangriffe sind sie wegen der Schwierigkeit der Herstellung einer glatten, porenfreien Schicht nicht unempfindlich.

Werkstoffe für Zubehörteile.

In diesem Zusammenhange sind noch die Werkstoffe für die wärmeisolierenden Teile der Geräte, wie Handgriffe, Griffknöpfe usw. zu erwähnen, die zumeist aus phenoplastischen Massen mit organischem Füllstoff (Holzmehl) [18, 19] hergestellt werden. Sie müssen wasser- und hitzebeständig sein. Für ausgesprochene Wärmeisolierung eines Geräteraumes, z. B. für Brat- und Backrohre [20], zur Verringerung des Wärmeverlustes kommen Schlackenwolle, Glaswolle, Kieselgur und die Aluminiumfolie in geknitterter und glatter Form in mehreren Lagen von 0,03 mm Stärke mit Abstandhaltung in Frage, für Heißwasserspeicher meist Korkschrot oder auch Glaswolle. Für die Temperaturregler [29, 30, 31, 32], die zur Einhaltung einer bestimmten Grenztemperatur aus wirtschaft-

Digitized by Google

lichen oder Sicherheitsgründen benötigt werden, dient als Fühlglied meist ein Bimetall in Streifen- oder Scheibenform. Gebräuchlich hierfür sind Nickeleisen — Nickeleisen mit Mn- oder Mo-Zusatz für höhere Temperaturen bis 600 ° C.

Als Werkstoff für die Kontaktteile kommen nur die Edelmetalle in Frage, wie Silber, Platin, Wolfram, Platin-Iridium. Die einfachste Ausführung ist die Nietform. Die Wolfram- und Platin-Iridium-Kontakte erfüllen dort ihren Zweck, wo eine schleichende Abschaltung nicht verhindert werden kann.

Zusammenfassung.

Im Bau von Elektrowärmegeräten sind in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt worden, sowohl in Richtung einer zweckmäßigen konstruktiven Durchbildung als namentlich in der einer höheren Betriebssicherheit. Durch diese erfreuliche Entwicklung sind die Aussichten für die Anwendung und Ausbreitung der Elektrowärme sowohl im großen wie im kleinen sehr günstig zu nennen. Da die Kraftwerke heute in der Lage sind, die elektrische Energie immer billiger abzugeben, und da die Herstellungskosten der Elektrowärmegeräte in den letzten Jahren bedeutend gesenkt werden konnten, so entstehen fast tagtäglich neue Anwendungsmöglichkeiten für die Elektrowärme. Die jüngste Entwicklung der Elektrowärmegeräte ist ein lebendiger Beweis dafür, daß beim heutigen Stande der Technik größere Fortschritte nur durch wissenschaftliche Forschungsverfahren erzielt werden können. Auch in der konstruktiven Durchbildung der Elektrowärmegeräte gelten die allgemeinen Grundsätze der neueren Gestaltungslehre. Es genügt nicht, nur die üblichen Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe zu kennen, sondern man muß ihre Festigkeitseigenschaften in einer bestimmten konstruktiven Anordnung, ihre Gestaltfestigkeit, einem eingehenden Studium unterziehen.

Schrifttum:

1 Schulz, Entwicklung der elektrischen Heizung im 19. Jahrhundert, Jahrb. d. VDI, Bd. 21, 1931/32. VDI-Verlag G.m.b.H.
2 Grunert, Hessenbruch u. Ruf, Widerstandslegierungen bis 1300° C. Elektrowärme 3 (1933) S. 208.
3 Hessenbruch u. Rohn, Hochwertige Chromnickellegierungen und deren Lebensdauerprüfung. Elektrowärme 3 (1933) S. 245, 294, 347.
4 Grunert, Hessenbruch u. Schichtel, Über hochhitzebeständige Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen. Elektrowärme 5 (1935) S. 2.
5 Nordström, Über hochhitzebeständige Chrom-Cobalt-Aluminium-Eisen-Legierungen. Elektrowärme 5 (1935) S. 79.
6 Grunert, Hessenbruch u. Schichtel, Über hochhitzebeständige Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen mit und ohne Cobalt. Elektrowärme 5 (1935) S. 131.
7 Kelnath, Widerstandsmaterial. Arch. techn. Mess. (1932) Z 931—1.
8 Hessenbruch, Widerstandslegierungen für Heizzwecke und ihre Prüfung. Arch. techn. Mess. (1933) Z 931—2.
9 Chrom-Nickel-Widerstandslegierungen. Arch. techn. Mess. (1933) Z 931—3.
10 Handrek, Keramische Spezialmassen. Arch. techn. Mess. (1935) Z 944—3.
11 Thieß, Speicksteinmassen für keramische Heizkörper. Sprechsaal 65 (1932) S. 679.
12 Albers-Schönberg u. Schusterius, Über den Durchschlag keramischer Massen in der Hitze und seine Abhängigkeit von Zusammensetzung und Brennweise. Elektrowärme 3 (1933) S. 162.
13 Albers-Schönberg, Keramische Isolierteile für elektrische Widerstandsheizung. Elektrowärme 4 (1934) S. 25.
14 Steger, Verwendung von Porzellan und anderen keramischen Isolierstoffen in der Elektrotechnik. ETZ 57 (1936) S. 471.
15 Jung, Elektrische Rohrheizkörper nach dem Backerverfahren. Elektrowärme 5 (1933) S. 172.
16 Stabheizkörper mit hoher Belastbarkeit. Elektrowärme 6 (1936) S. 99.
17 Stäger, Elektrotechnische Isoliermaterialien, Bd. 15 der „Chemie in Einzeldarstellungen", S. 193 u. 198, Stuttgart: Wissensch. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1931.
18 Mehdorn, Kunstharzpreßstoffe. Berlin: VDI-Verlag 1934.
19 Pfestorf, Isolierpreßstoffe, Arch. techn. Mess. (1933) Z 947—1.
20 Wiese, Wärmeisolierung elektrischer Brat- und Backröhren. Elektrowärme 1 (1931) S. 143.
21 F. Meyercordt, Beurteilung der Beanspruchungsverhältnisse aus dem Bruchaussehen. Fachvortrag der 74. VDI-Hauptversammlung Darmstadt 1936. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin.
22 Keil, Die Graphitbildung im Gußeisen, Arch. Eisenhüttenwes. 4 (1930/31) S. 245.
23 Piwowarsky u. Bornhofen, Das Wachsen von Gußeisen unter Zugbeanspruchung. Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 163.
24 Meierling, Wachstumsversuche mit legiertem Gußeisen. Arch. Eisenhüttenwes. 7 (1933/34) S. 141.
25 Uhlitzsch u. Leineweber, Beitrag zur Warmfestigkeit des Gußeisens unter besonderer Berücksichtigung von dünnwandigem Guß. Arch. Eisenhüttenwes. 9 (1935/36) S. 185.
26 Hopfelt, Das Alumetierverfahren. Wärme (1926) S. 899.
27 K. Wendt, Konstruktionsforderungen und Eigenschaften des Stahles. Kruppsche Mh. 3 (1922) S. 121 (über Alitieren s. S. 133).
28 Fry, Hitzebeständige Metallgegenstände. Kruppsche Mh. 6 (1925) S. 27.
29 Scherbius, Der Birkaregler und seine Bedeutung für die elektrische Heiztechnik. ETZ 47 (1926) S. 224.
30 Moegling, Der Spencer-Thermostat. Illustr. Elektrowoche (1929) S. 68.
31 Jublitz, Über die bisherige Entwicklung des Protos-Vakuumschalters. Siemens-Z. 10 (1930) S. 420.
32 Wiese, Der Bimetallregler und der Regelvorgang im elektrischen Heizkissen. Elektrowärme 3 (1933) S. 108.

Einige Grundfragen des Elektroofenbaues.

Von **Wilhelm Fischer VDE**, Berlin.

621. 365

Übersicht. Heizkörper und Ofenwand sind die wichtigsten Bauglieder des Widerstandsofens. Für den Heizkörper ist neben den praktischen Fragen der Werkstoffwahl die Frage der Belastbarkeit von entscheidender Bedeutung. Der Einfluß von Form und Anordnung der Heizkörper auf die Strahlungsausbeute der Ofenwand wird untersucht. Für die Gestaltung der Ofenwand sind die Betriebsbedingungen bestimmend. Zur Berechnung der Ofenverluste in unterbrochenem Betrieb wird ein Weg angegeben*).

A. Die Heizkörper des Widerstandsofens.

1. Werkstoff[1]).

Die Seele des Widerstandsofens ist der Heizkörper. An seinen Werkstoff werden folgende Bedingungen gestellt:

1. Er muß hohe Temperatur vertragen, ohne sich mechanisch oder chemisch zu verändern, d. h. er soll warmfest und korrosionsbeständig sein.
2. Er soll hohen spezifischen Widerstand haben, um bei technisch brauchbaren Querschnitten Anschluß an die üblichen Netzspannungen zu ermöglichen.
3. Er soll weitgehend verarbeitbar sein, damit der Heizkörper dem Ofenraum angepaßt werden kann.
4. Er soll möglichst wenig fremdländische Rohstoffe enthalten.
5. Er soll billig sein.

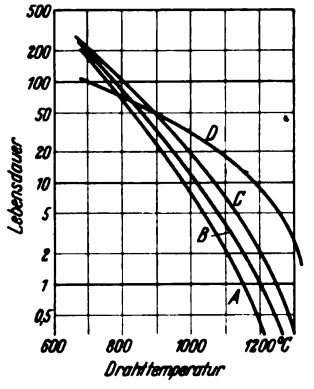
Kein Werkstoff genügt all diesen Forderungen gleichermaßen. Die wichtigste Bedingung ist die Temperaturbeständigkeit. Je nach der Gebrauchstemperatur werden metallische Heizkörper oder keramische Stäbe aus Siliziumkarbid verwendet. Für metallische Widerstände sind verschiedene Legierungen in Gebrauch, die sich in vier Gruppen ordnen lassen. In Abb. 1 ist die wesentliche Zusammensetzung dieser vier Gruppen eingetragen, von der die einzelnen Fabrikate nur wenig nach oben und unten oder durch geringe weitere Legierungszusätze abweichen. Die Legierung *A* ist ein Chromnickelstahl, *B* eine eisenhaltige Chromnickellegierung, *C* eine eisenfreie Chromnickellegierung und *D* eine nickelfreie Chromeisenlegie-

*) Vortrag, gehalten in der Fachgruppe „Elektrowärme" des VDE-Gaues Berlin-Brandenburg am 3. 3. 1936.
[1]) Vgl. a. W. Fischer, Elektrowärme 6 (1936) S. 13.

Digitized by Google

rung mit einem geringen Aluminiumzusatz. Die Temperaturbeständigkeit der einzelnen Legierungen geht aus dem Schaubild Abb. 1 hervor. Die in logarithmischem Maßstab aufgetragenen Lebensdauerzahlen sollen nur Vergleichswerte geben und sind daher ohne Benennung angegeben.

Die höchste Temperaturbeständigkeit zeigt die Legierungsgruppe *D*. Diese Legierung, die unter den Namen Megapyr, Kanthal u. a. auf dem Markt ist, hat jedoch gewisse Eigentümlichkeiten, die ihre Verwendbarkeit einschränken. Das Material hat einerseits eine sehr geringe Warmfestigkeit, so daß Wendel nur bei verhältnismäßig kleinem Kerndurchmesser „stehen". Anderseits wird die Legierung schon nach kurzer Erwärmung so grobkörnig, daß der Draht, einmal erhitzt, im kalten Zustand ungeheuer spröde und gegen jede Nachverformung äußerst empfindlich ist. Im allgemeinen wird man die Legierungsgruppe *D* nur bei den Temperaturen verwenden, bei welchen die Legierungen der Gruppen *A* bis *C* nicht mehr ausreichen. Unter den nickelhaltigen Legierungen hat die Gruppe *C* die höchste Temperaturbeständigkeit. Diese Legierung besteht nur aus Nickel und Chrom ohne Eisen, zwei Rohstoffen, die im Inland nicht vorkommen. Gerade diese technisch wertvollste Legierung scheint also am wenigsten der volkswirtschaftlichen Forderung, Beschränkung auf heimische Rohstoffe, zu genügen. Rechnet man aber mit Rücksicht auf die Lebensdauer den höheren Ersatzbedarf bei den Legierungen *A* und *B* mit ein, so bleibt für hohe Temperaturen auch volkswirtschaftlich die eisenfreie Legierung überlegen.



Gruppe	Al	Cr	Fe	Ni
A	—	20	55	25
B	—	20	20	60
C	—	20	—	80
D	5	30	65	—

Abb. 1. Zusammensetzung und Lebensdauer von Widerstandslegierungen.

Bezeichnet man den Devisenbedarf je kg der Legierung *C* mit 1, so ist der Devisenbedarf bei der Legierung *B* nur 0,8, bei *A* sogar nur 0,5. Da die Legierung *A* bei höheren Temperaturen wesentlich geringere Lebensdauer hat als die Legierung *C*, ist der Ersatzbedarf für *A* sehr viel höher. Den Maßstab für die devisenwirtschaftliche Beurteilung darf daher nicht der sog. Sparbeiwert der Metalle selbst bilden, der sich für die drei Gruppen *A* : *B* : *C* etwa wie 0,5 : 0,8 : 1 verhält, sondern der Sparbeiwert geteilt durch die jeweilige Lebensdauerzahl. Dieser Zahlenwert gibt erst Aufschluß über den Bedarf an Fremdstoffen im Dauerbetrieb. Da die Lebensdauer von der Temperatur abhängig ist, ist auch dieser eigentliche „Sparwert" temperaturbedingt.

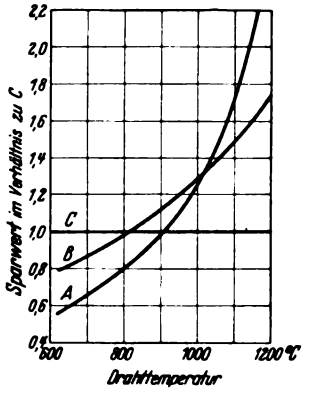


Abb. 2. Sparwerte der Cr-Ni-Legierungen abhängig von der Drahttemperatur.

In Abb. 2 ist für die Legierungen *A* und *B* der so gebildete Sparwert im Verhältnis zu dem von *C* abhängig von der Drahttemperatur aufgetragen. Bei tiefen Drahttemperaturen hat *A* auch unter Berücksichtigung des Ersatzbedarfs den geringsten Sparwert, d. h. auch auf die Dauer den geringsten Devisenbedarf. Mit steigender Temperatur steigt jedoch der Sparwert der Legierung *A* im Verhältnis zu dem der Legierung *C* wegen der geringeren Lebensdauer von *A*, so daß bei Drahttemperaturen von 900 ° aufwärts die Legierung *C* den geringsten Sparwert hat, also devisenwirtschaftlich am günstigsten wird. Bei Temperaturen unter 900 ° sollte also der Chromnickelstahl der Gruppe *A* mehr als bisher für Heizwiderstände verwendet werden. Bei Temperaturen über 900 ° dagegen ist es volkswirtschaftlich richtig, auf die eisenfreie Legierung *C* überzugehen, auch wenn sie an sich devisenteuer ist.

2. Belastung.

Häufig ist es nötig, mit der Belastung der Heizkörper an die zulässige Höchsttemperatur heranzugehen. Die vier Legierungen erreichen etwa bei folgenden Grenztemperaturen gleiche Lebensdauer:

A	*B*	*C*	*D*
1050	1100	1150	1280 ° C.

Nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz ergibt sich bei allseitig freier Strahlung die von der Flächeneinheit abgestrahlte Leistung aus einer Funktion der strahlenden und der angestrahlten Temperatur nach der Gleichung

$$\nu = C\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \quad \text{in Watt/cm}^2. \qquad (1)$$

Je höher die zugelassene Grenztemperatur T_1 für den Draht ist, desto höher kann für eine bestimmte Arbeitstemperatur T_2 die Oberflächenbelastung ν des Heizkörpers gewählt werden. Die eisenfreie Chromnickellegierung *C* kann also im allgemeinen höher belastet werden als die Legierung *A*.

Die Voraussetzung allseitig freier Strahlung ist für die in einem Ofen eingebauten Heizkörper nicht erfüllt. Das Gesetz (1) muß daher eine Einschränkung erfahren, in der sich Form und Anordnung der Heizkörper ausdrücken. Der Einfluß der Heizleiteranordnung auf die Strahlfähigkeit der Heizleiteroberfläche oder der Ofenwand ist rechnerisch in den meisten Fällen schwer zu verfolgen. Aber auch die Vorstellung hierüber scheint nicht ganz einfach zu sein, denn gerade über die Heizkörperbelastung werden die verschiedensten Meinungen vertreten. Das Bestreben der einen geht dahin, möglichst viel Heizkörperoberfläche im Ofen unterzubringen, um womöglich ein Mehrfaches der Ofenwandfläche als Strahlfläche zu erreichen. Dieses Ziel verfolgen die eng gewickelte Wendel und der Heizkörper aus senkrecht zur Wand gestelltem Band. Der andere Gesichtspunkt verfolgt das Bestreben, den Heizkörper möglichst ungehindert in den Raum abstrahlen zu lassen. Dies ist der Gedanke bei der Felgenheizung und bei der freistrahlenden Aufhängung von Heizwendeln auf Porzellanrohren. Um die Vorteile, welche den einzelnen Ausführungsformen zugesprochen werden, auf ihren physikalischen Gehalt prüfen zu können, soll der Einfluß etwas näher untersucht werden, den Form und Anordnung der Heizkörper auf die Leistungsübertragung durch Strahlung haben[2]).

a) Stab und Band.

Das Stefan-Boltzmannsche Strahlungsgesetz (1) gibt an, welche Leistung von der Flächeneinheit eines diffus strahlenden Körpers von der absoluten Temperatur T_1 in den umgebenden Raum oder auf einen gegenüberliegenden Körper großer Ausdehnung mit der absoluten Temperatur T_2 übertragen wird. Die Strahlungskonstante *C* hat dabei für schwarz strahlende Flächen, die im Falle eines elektrischen Glühofens vorausgesetzt werden sollen, in elektrischen Einheiten den Wert

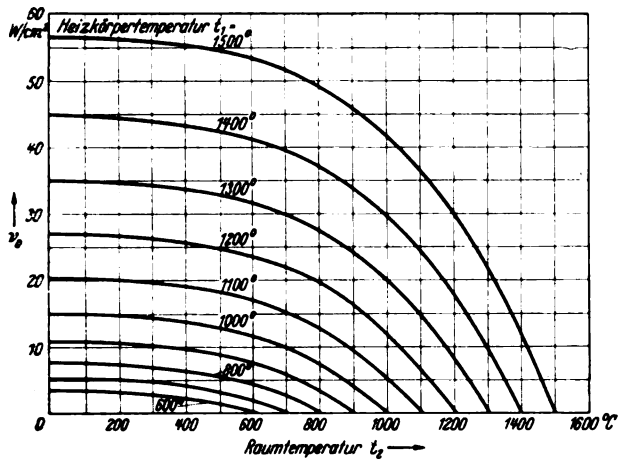
$$C_{el} = 5{,}7 \cdot 10^{-4} \quad [\text{Watt/cm}^2 \cdot °\text{K}^4]. \qquad (2)$$

Mit dieser Zahl erhält man zu je zwei gegebenen Temperaturen T_1 und T_2 eine bestimmte Strahlungsleistung ν in

[2]) W. Fischer, Bericht Nr. 3 auf dem Internationalen Elektrowärmekongreß in Scheveningen (Holland) 12. bis 15. 6. 1936. R. Gränzer, Elektrowärme 5 (1935) S. 35 und 6 (1936) S. 249.

Digitized by Google

Watt/cm², die in Abb. 3 als Funktion der Ofenraumtemperatur t_2 in °C als Kennlinienschar dargestellt ist. Parameter ist die Heizkörpertemperatur t_1. Diese Werte gelten für freie Strahlung im Raum.



$$\nu_0 = 5{,}7\left[\left(\frac{T_1}{1000}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{1000}\right)^4\right] \text{ Watt/cm}^2$$

Abb. 3. Oberflächenbelastung ν_0 bei freier schwarzer Strahlung.

Nach dem Lambertschen Gesetz nimmt die Strahlung eines Flächenelementes mit dem Kosinus des Winkels zur Flächensenkrechten ab. Sowie die einzelnen Heizleiterflächen nicht im vollen Raumwinkel von $-\pi/2$ bis $+\pi/2$ ungehindert strahlen können, sowie sich also mehrere Heizleiter im Ofenraum gegenüberstehen, ist die Strahlfähigkeit eingeschränkt.

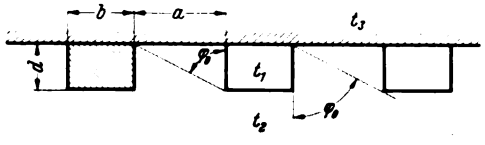


Abb. 4. Strahlung von Stabheizkörpern.

Um die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Heizkörper im einzelnen zu verfolgen, denken wir uns Heizleiter mit rechteckigem Querschnitt längs der Ofenwand aufgestellt. Abb. 4 stellt einen Querschnitt dar. Die Heizleiter haben die Breite b und voneinander den Abstand a. Die Dicke des Heizkörpers sei d. Der Heizkörper selbst habe die Temperatur t_1, der Ofenraum oder das dem Heizkörper gegenüberliegende angestrahlte Arbeitsgut die Temperatur t_2. Die Strahlung eines solchen Heizleiters setzt sich aus verschiedenen Teilen zusammen. Bei der gezeichneten Anordnung kann die Vorderfläche b nach allen Richtungen frei abstrahlen. Die Seiten d können jedoch nur in einem Winkel φ_0 in den Ofenraum ausstrahlen, so daß für diese Seiten nur ein Bruchteil ihrer maximalen Strahlfähigkeit zur unmittelbaren Auswirkung kommt. Zwischen den Seitenflächen benachbarter Heizleiter tritt kein Strahlungsaustausch ein, da beide dieselbe Temperatur haben. Dagegen strahlt die Seitenfläche d auch nach rückwärts an die Wandlücke zwischen den beiden Leitern. Die hierhin abgegebene Strahlungsenergie ist abhängig von der Wandtemperatur t_3. Die Wand gibt ihrerseits die ihr zugestrahlte Wärmemenge bis auf einen Bruchteil, der durch Ableitung in die Wand verloren geht, wieder an den Ofenraum durch Strahlung ab. Die Temperatur, welche die Wand zwischen den Heizleitern bei dem Strahlungsaustausch annimmt, kann hieraus berechnet werden. Sie muß zwischen der Heizleitertemperatur t_1 und der Raumtemperatur t_2 liegen. Die Höhe der Wandtemperatur hängt im wesentlichen von der Tiefe der Lücke zwischen den Heizleitern d. h. von dem Verhältnis $d : a$ ab. Liegt als Heizleiter ein dünnes Band flach an der Wand, ist also die Lückentiefe praktisch null, so ist keine Seitenstrahlung vorhanden, die Wand nimmt die Temperatur t_2 des Raumes an. Ist die Lückentiefe sehr groß, stehen z. B. Bänder nahe aneinander senkrecht auf der Wand, so nimmt die Wand annähernd die Temperatur des Heizleiters an. Je höher die Übertemperatur der Wand gegenüber dem Ofenraum, desto größer ist ihre Mitwirkung an dem Wärmeaustausch.

Die von einem Wandabschnitt $a + b$ in den Ofenraum abgestrahlte Wärme setzt sich mithin zusammen aus der Strahlung der Vorderfläche b des Heizleiters, aus der unmittelbaren Strahlung der beiden Seitenflächen d und aus der mittelbaren Strahlung der Seitenflächen über die Wand.

Wäre die Wand ohne Lücken mit Heizleitern bedeckt, so würde sich die Flächenleistung der freien Strahlung ergeben, wie sie aus dem Schaubild Abb. 3 entnommen werden kann. Sie bedeutet das Maximum, das von der Flächeneinheit der Ofenwand bei den gegebenen Temperaturen durch Strahlung abgegeben werden kann. Eine weitere Vergrößerung der Strahlungsfläche innerhalb des Ofens bringt keine Erhöhung der Strahlungsleistung. Als Beispiel für eine glatte lückenlose Belegung der Ofenwand mit Heizleitern kann der Bandstahl-Durchziehofen genannt werden, bei dem ein flaches Stahlrohr als Ofenraum und Heizkörper zugleich unmittelbar in den Stromkreis eingeschaltet ist. Mit einzelnen Heizleitern ist aber eine lückenlose Belegung praktisch nicht ausführbar, so daß dieses Optimum an Strahlungsdichte der Ofenwand sonst nie voll erreicht wird. Wie groß der „Strahlungsgrad" für eine bestimmte Heizleiteranordnung ist, ergibt sich aus dem Verhältnis der Summe der oben genannten Teilstrahlungen eines Leiters zu dem Strahlungshöchstwert $N_0 = \nu_0 (a + b)$ des zugehörigen Wandabschnittes $(a + b)$. Dieser als Strahlungsgrad einer Heizleiteranordnung bezeichnete Betrag der Höchststrahlung der Wandfläche hängt nur von der relativen

$$\text{„Wandbedeckung" } k_1 = \frac{b}{a+b}$$

und von der

$$\text{„Lückentiefe" } k_2 = \frac{d}{a}$$

ab. Mit diesen beiden Kenngrößen, welche eine Leiteranordnung eindeutig kennzeichnen, erhält man als Strahlungsgrad der Wand den Ausdruck

$$W = 1 - (1 - k_1)\left(\sqrt{1 + k_2^2} - k_2\right)^2. \qquad (3)$$

Der Ausdruck besagt folgendes:

1. Bei lückenloser Wandbedeckung, $k_1 = 1$, wird der Strahlungsgrad 1, man erhält den Höchstwert der Strahlungsdichte der Ofenwand.
2. Bei ganz dünnen Bändern flach auf der Wand, d. h. Lückentiefe $k_2 = 0$, ist der Strahlungsgrad der Wand gleich der relativen Wandbedeckung k_1. Es strahlt nur die Bandbreite selbst; die Wandlücke überträgt keine Strahlungsleistung.
3. Dünne Bänder senkrecht zur Wand: Hier wird der Strahlungsgrad lediglich Funktion der Lückentiefe k_2, da angenähert $k_1 = 0$ ist. Der Strahlungsgrad der Wand steigt mit zunehmender Lückentiefe. Er erreicht bei einem Verhältnis von Bandtiefe d zu Lückenbreite $a = 1 : 2$ den Wert 0,61, bei $d : a = 1 : 1$ den Wert 0,83. Über diesen Wert gehen die Ausführungen der Praxis kaum hinaus.

b) Felge.

Eine Heizleiterform, mit der in den letzten Jahren neue Wege im Elektroofenbau beschritten worden sind, ist die Felgenheizung. Die Form ist aus zwei verschiedenen Gedanken heraus entstanden. Einmal gibt die Profilierung eines glatten Bandes dem Heizleiter eine erhöhte

Digitized by Google

Festigkeit. Während das glatte Band nur aufgehängt werden konnte, kann das zur Felge geformte Band mechanisch belastet werden und selbst zum Tragkörper der Ofenwand werden. Außer diesen Gründen der mechanischen Festigkeit haben auch Überlegungen der Strahlfähigkeit zu dieser Form geführt. Man wollte dem Heizleiter eine Gestalt geben, welche bei großer Leiteroberfläche ein möglichst freies Abstrahlen der Heizleistung in den Ofenraum gestattet.

Oben waren die Strahlungsverhältnisse eines Heizleiters mit rechteckigem Querschnitt, Stab oder Band, entwickelt worden. Zum Vergleich soll auch die Strahlfähigkeit des Felgenheizkörpers gegenübergestellt werden. Um die Form des Felgenheizkörpers (Abb. 5) der Rechnung zugänglicher zu machen, habe ich an Stelle des geschwungenen Querschnittes den in Abb. 6 dargestellten vereinfachten Querschnitt angenommen, welcher ein zum Dach gefalztes Band darstellt. Die Strahlung dieses gefalzten Bandes unterscheidet sich von der des rechteckigen Leiters dadurch, daß jetzt keine Fläche mehr vorhanden ist, die in dem vollen Raumwinkel strahlen kann, wie vorher die Breitseite des Stabes. Während dagegen vorher die Seitenflächen d nur in einem verhältnismäßig engen Winkel φ_0 in den Ofenraum strahlen konnten, strahlen jetzt die schräg gestellten Seiten s in den sehr viel weiteren Raumwinkel φ_1. Die Anstrahlung der Wandlücke ist aber gegenüber vorher vermindert. Es stellt sich daher bei dieser Form des Heizleiters bei gleichen Werten der Wandbedeckung k_1 und der Lückentiefe k_2 eine geringere Wandtemperatur ein als bei rechteckigem Querschnitt des Heizleiters.

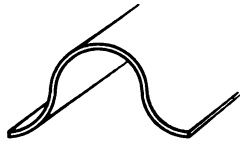


Abb. 5. Felgenheizkörper.

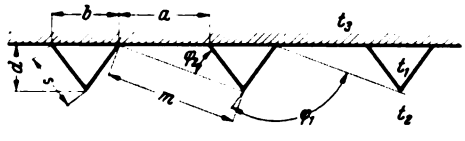


Abb. 6. Strahlung von Felgenheizkörpern.

Die Strahlungsleistung des Heizkörpers ergibt sich wieder aus der Summe der unmittelbaren und der mittelbar über die Wand ausgetauschten Strahlung. Das Verhältnis dieser Summe zur möglichen Höchststrahlung der gesamten Schrittbreite $(a + b)$ ergibt wieder den Strahlungsgrad der Wand, welcher für die Heizfelge die Form hat

$$W = 1 - (1 - k_1)\left(\frac{m}{a} - \frac{s}{a}\right)^2. \qquad (4)$$

Die Seitenbreite s und die Diagonale m sind durch die Größen a, b und d bestimmt, so daß der Strahlungsgrad W auch als Funktion der vorher gebrauchten Parameter Wandbedeckung $k_1 = b/(a + b)$ und Lückentiefe $k_2 = d/a$ ausgedrückt werden kann. Die Form wird dann allerdings etwas unübersichtlicher. Der Ausdruck (4) für den Strahlungsgrad der Wand mit Heizfelgen ist ganz ähnlich gebaut wie die für den Rechteckstab geltende Gl. (3). Aus dem Ausdruck ist folgendes abzulesen:

1. Volle Wandbedeckung $k_1 = 1$, d. h. Felge an Felge, ergibt auch hier den Strahlungsgrad 1. Die Erhöhung der Heizleiteroberfläche durch die Profilierung bringt also bei voller Wandbedeckung keine Steigerung der Strahlungsleistung gegenüber der glatten Wand.
2. Sehr flache Felgenform, d. h. angenähert $\frac{m}{a} - \frac{s}{a} = 1$, ergibt, wie vorauszusehen, dieselben Werte wie das glatte Band flach an der Wand. Der Strahlungsgrad wird für kleine Felgenerhöhungen gleich dem Wandbedeckungsfaktor k_1. Während aber bei dem rechteckigen Querschnitt schon eine geringe Zunahme der Leitertiefe d eine erhebliche Steigerung des Strahlungsgrades hervorruft, muß bei der Felge schon eine größere Profilierung eintreten, um die Seitenstrahlung nach der Wandlücke hin wirksam zu machen.
3. Eine Durchrechnung der Gl. (4) zeigt, daß bei gleicher Wandbedeckung und gleicher Lückentiefe der Strahlungsgrad der Wand mit Dachheizkörper etwas tiefer liegt als mit einem Leiter von rechteckigem Querschnitt und gleicher Leiterbreite. Die wirklich verwendete Form der Felge liegt etwa zwischen der Dachform und der Rechteckform, so daß für sie Mittelwerte aus diesen beiden Rechnungsformen gelten können.

Im Ofenbau werden zwei Fragen gestellt:

1. Mit welcher Anordnung kann auf der Ofenwand die meiste Leistung untergebracht werden, d. h. welche Anordnung ergibt den höchsten Strahlungsgrad der Wand?
2. Bei welcher Anordnung wird am wenigsten Heizleiterbaustoff für eine bestimmte Leistung benötigt, d. h. ergibt sich die höchste Nutzungszahl des Heizleiters?

Die günstigste Antwort gibt auf beide Fragen die glatte Belegung der Wand mit flachen Heizleitern ohne Lücken. Diese Form ist aber praktisch nicht ausführbar. In Abb. 7 ist der Übergang vom flachen, lückenlosen Band zu verschiedenen Felgenformen derselben Materialbreite dargestellt, und zwar sowohl mit ∧- als auch mit ⌐¬-förmigem Profil. Das ursprünglich flache Band hat die Breite A. Der Leiterschritt bleibt mit A bestehen. Das Band wird mehr und mehr abgewinkelt, so daß allmählich immer größere Lücken zwischen den Bändern entstehen, bis schließlich das Band auf eine Tiefe $\frac{1}{2} A$ dicht zusammengefalzt ist und nun eine Bandwicklung mit senkrecht zur Wand gestelltem Doppelband und einer Lückentiefe $d/a = 1 : 2$ darstellt. Der Strahlungsgrad W geht, wie die Kurven von Abb. 7 zeigen, von 100 % bei flach gelegtem Band auf

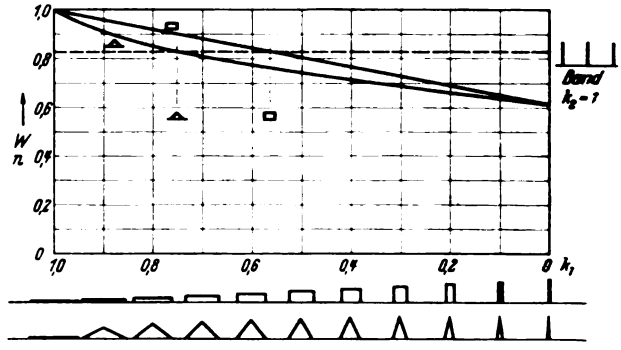


Abb. 7. Strahlungsgrad bei gleicher Oberfläche und verschiedener Wandbedeckung.

61 % bei zusammengefalztem Band herunter. Da hier in allen Fällen die verwendete Bandbreite gleich bleibt, stellen die Kurven auch gleichzeitig die Nutzungszahl n dar. Als Nutzungszahl n ist das Verhältnis der tatsächlichen Oberflächenbelastung des Heizleiters zu seiner maximalen Belastung bei allseitig unbehinderter freier Strahlung bezeichnet. Die Werte für die geschwungene Felgenform dürften etwa in der Mitte zwischen beiden Kurven liegen.

Eine gewöhnliche Bandanordnung, bei der ebenfalls Bandbreite gleich Schrittbreite ist, die also denselben Materialaufwand darstellt, hat eine Lückentiefe $k_2 = 1$ und, wie oben gezeigt war, einen Strahlungsgrad von 83 %. Denselben Strahlungsgrad erreicht man mit der Felgenform nach Abb. 7 bei einer Wandbedeckung zwischen

Digitized by Google

$k_1 = 75$ % für die $\wedge$-Form und $k_1 = 56$ % für die $\sqcap$-Form, im Mittel also bei einer Wandbedeckung von etwa 66 %, bei welcher der lichte Abstand a zwischen den Felgen gleich der halben Felgenbaubreite b ist.

Die gebräuchlichste Form der Heizleiteranordnung sind Wendel in waagerechten Wandnischen. Für diese Anordnung kann günstigstenfalls die Nischenbreite als strahlender Teil der Wand angenommen werden. Der Strahlungsgrad ist auch mit noch so eng gewickelten Wendeln nicht über den Anteil der Nischenbreite an der Wandfläche zu steigern. Je nach der Breite der Stege zwischen den Nischen erhält man Strahlungsgrade etwa zwischen 50 und 75 %. Anders bei „freistrahlend" vor der Wand aufgehängten Wendeln. Für einen Überschlag der Größenordnung können die ganzen Wendel als quadratische Stäbe vor der Wand angesehen werden. Ist z. B. der lichte Abstand zwischen den Wendeln gleich dem Wendeldurchmesser, so wird $k_1 = 0{,}5$ und $k_2 = 1$. Aus Gl. (3) erhält man dann für diese Anordnung einen Strahlungsgrad von etwa 90 %. Bei einer Belastung bis zur Grenze der Höchsttemperatur darf hier allerdings die Gefahr einer Wärmestauung auf der Rückseite der Tragrohre nicht übersehen werden. Felge und Bandheizung sind, wie oben gezeigt war, bei richtiger Bemessung hinsichtlich ihrer Strahlungseigenschaften ziemlich gleichwertig. Man kann mit Strahlungsgraden bis etwa 83 % rechnen. Für die Wahl zwischen beiden sind also weniger die Strahlungseigenschaften als vielmehr die anderen Unterschiede, wie mechanische Festigkeit, Einbaumöglichkeit, Anschlußspannung, Preis, entscheidend.

3. Übertemperatur im Heizleiter.

Bei den bisherigen Überlegungen war angenommen, daß die Ofenwand ausnehmend gut isoliert ist, daß also durch die Ofenwand praktisch keine Wärme abfließt. Infolgedessen kann auch der Heizleiter, welcher dicht an der Wand liegt, seine Wärmeenergie nur nach der Ofenseite hin durch Strahlung abgeben. Die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung sind über den ganzen Querschnitt des Heizleiters gleichmäßig verteilt. Da der Wärmeabfluß aber nur einseitig vor sich geht, ist zu vermuten, daß an der Rückseite des Heizleiters eine Wärmestauung eintritt, welche eine Übertemperatur auf der Wandseite gegenüber der freien Seite zur Folge hat. Es ist nicht unwichtig, sich Rechenschaft darüber zu geben, in welcher Größenordnung solche Übertemperaturen auftreten können. Die Berechnung der Temperaturverteilung[3]) in einem Flachleiter, der dicht an der Wand anliegt, ergibt, daß die Temperatur nach einer Parabel quer durch den Heizleiter abfällt, und daß die Übertemperatur der Oberflächenbelastung und der Dicke des Heizleiters proportional ist. Für Widerstände aus Chromnickel erhält man eine Übertemperatur an der Wandseite von etwa 0,3 ° je mm Leiterdicke und je Watt/cm² Oberflächenbelastung. Also selbst bei dicken Leitern und hoher Belastung ergeben sich noch keine Beträge, welche für die Temperaturbeständigkeit des metallischen Heizleiters gefährlich werden könnten.

Die Frage der Übertemperatur spielt eine größere Rolle bei Heizstäben aus Siliziumkarbid, da diese Heizstäbe ganz andere Querschnittsabmessungen und andere Oberflächenbelastungen erreichen als metallische Heizleiter. Die Wärmeleitzahl von Siliziumkarbid ist nur etwas geringer als die von Chromnickellegierungen. Man kann für runde Vollstäbe aus SiC bei allseitig freier Strahlung mit einer Übertemperatur im Kern von etwa 0,2 ° je mm Stabdurchmesser und je Watt/cm² Oberflächenbelastung rechnen. Bei Stäben von 50 mm Dmr., wie sie in großen Öfen verwendet werden, kommt man also schon bei mäßiger Belastung von 10 W/cm² auf eine Übertemperatur von 100 ° C. Bei Hohlstäben ist die Übertemperatur dagegen viel geringer, so daß auch bei hohen Belastungen keine für den Stab gefährlichen Werte erreicht werden.

[3]) W. Fischer, Elektrowärme 3 (1933) S. 50.

B. Die Ofenwand.

Die Ofenwand soll selbstverständlich möglichst gut isoliert sein. Auch der andere Grundsatz ist Allgemeingut, daß ein Ofen für kurzzeitigen Betrieb und rasche Aufheizung möglichst leicht gebaut sein soll. Bei Dauerbetrieb sind in die Wirtschaftlichkeit nur die Leerverluste einzurechnen. Die einmalige Aufheizung kann außerhalb der Berechnung der laufenden Betriebskosten bleiben. Anders bei einem unterbrochen betriebenen Ofen. Hier muß der Ofen jedesmal, zum mindesten teilweise, neu aufgeheizt werden. Die in dem Ofengehäuse gespeicherte Wärme geht während der Ruhepause teilweise wieder verloren. Die Betriebsverluste eines in regelmäßigen Zeitabschnitten arbeitenden Ofens setzen sich also zusammen aus den Leerverlusten während der Einschaltdauer und den Speicherverlusten während der Ausschaltdauer, welche ja beim Wiederaufheizen wieder ersetzt werden müssen. Der Gesamtwert an Verlusten, welcher sich so ergibt, ist rechnerisch schwer zu erfassen. Man muß sich mit Annäherungen begnügen. Ist der Ofen im Beharrungszustand, so verursacht — unabhängig von dem Ofeneinsatz — ein dauernder Wärmestrom von innen nach außen die Wärmeverluste durch Ableitung, die sogenannten Leerverluste V. Dieser Ableitungsstrom ist der Temperaturspanne zwischen innen und außen und dem Wärmeleitwert L der Wand proportional. Während des Betriebes wird die Innentemperatur ϑ_0 des Ofens konstant gehalten. Das Mauerwerk des Ofens hat eine bestimmte Wärmekapazität C. Die Speicherwärme S ist dieser Kapazität und der mittleren Temperatur proportional. Sowie die Heizung abgeschaltet wird, ist keine fremde Wärmequelle mehr vorhanden. Es tritt dann ein Wärmeausgleich ein, bei dem sich die in der Wand aufgespeicherte Wärme über den Wärmewiderstand der Wand nach außen entlädt. Dadurch sinkt die Temperatur in allen Teilen der Wand und damit auch die Innentemperatur ϑ des Ofens. Die Ofenwand verhält sich also wie ein aufgeladener Kondensator, der sich über einen Widerstand entlädt. Für den Ausgleichsvorgang erhält man einmal den Entladestrom der Wärmekapazität

$$q = -C \frac{\mathrm{d}\vartheta_m}{\mathrm{d}t}, \tag{5}$$

worin für die mittlere Wandtemperatur ϑ_m überschläglich $\frac{1}{2}\vartheta$ gesetzt werden kann. Zum anderen unterliegt der Ausgleichsvorgang dem Ohmschen Gesetz der Wärmeströmung

$$q = L\vartheta. \tag{6}$$

Aus beiden Gleichungen erhält man die Differentialgleichung des Wärmeausgleichs

$$\frac{\mathrm{d}\vartheta}{\mathrm{d}t} + \frac{2L}{C}\vartheta = 0, \tag{7}$$

die bekanntlich auf exponentiellen Verlauf der Temperatur ϑ führt. In der Ausschaltzeit T_a kühlt der Ofen also nach der Gleichung

$$\vartheta = \vartheta_0 \mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}} \tag{8}$$

ab. Hierin ist die Zeitkonstante

$$\tau = \frac{C}{2L} = \frac{\text{Wärmekapazität}}{2 \times \text{Wärmeleitwert}}. \tag{9}$$

Je größer die Zeitkonstante ist, desto langsamer kühlt der Ofen aus. Die Wärmekapazität des Ofens erhält man aus der spez. Wärme c und dem spez. Gewicht γ des Ofenbaustoffes, der mittleren Wandfläche F und der Wanddicke d zu

$$C = c\,\gamma\,F\,d. \tag{10}$$

Digitized by Google

Der Wärmeleitwert der gesamten Ofenwand beträgt

$$L = \frac{\lambda F}{d}. \qquad (11)$$

Damit erhält man für die Zeitkonstante des Ofens

$$\tau = \frac{c\gamma}{\lambda} \cdot \frac{d^2}{2} = \frac{d^2}{2a}, \qquad (12)$$

worin $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$ den Temperaturleitwert darstellt.

Der Ofen kühlt um so weniger aus, je geringer der Temperaturleitwert a des Wandbaustoffes und je dicker die Wand ist. Für Kieselgurpulver kann man für a etwa den Wert $2 \cdot 10^{-3}$ [m²/h] annehmen. Bei einer Wandstärke von 0,20 m bekommt die Zeitkonstante dann den Wert $\tau = 10$ h. Das bedeutet, daß die Innentemperatur des Ofens bei solcher Isolierung der Wand in etwa 10 h auf $1/e = 37$ % der Betriebstemperatur ϑ_0 absinkt.

Der Wärmeverlust durch Auskühlung während der Ausschaltzeit T_a ergibt sich aus

$$Q_a = \int_0^{T_a} q \, dt$$

zu

$$Q_a = \frac{C\vartheta_0}{2}\left(1 - e^{-\frac{T_a}{\tau}}\right). \qquad (13)$$

Der Auskühlverlust ist also der Wärmekapazität der Wand proportional. Die in der Ausschaltzeit verlorene Wärme muß beim nächsten Betriebsgang wieder aufgebracht werden. Zu diesem Wärmebedarf kommt der Wandverlust während der Einschaltzeit hinzu. Wenn die zur Verfügung stehende Heizleistung groß ist gegenüber dem Leerwert, so ist die Betriebstemperatur in verhältnismäßig kurzer Zeit nach dem Einschalten wieder erreicht. Die Leerverluste können dann ohne großen Fehler für die ganze Einschaltdauer T_e voll eingesetzt werden, so daß man als Verlustposten für die Einschaltzeit erhält

$$Q_e = L\vartheta_0 T_e. \qquad (14)$$

Die Verluste über die ganze Spieldauer $T_s = T_e + T_a$ sind dann

$$Q = Q_e + Q_a = \vartheta_0\left[L T_e + \frac{C}{2}\left(1 - e^{-\frac{T_a}{\tau}}\right)\right]. \qquad (15)$$

Bezeichnet man mit $Q_0 = L\vartheta_0 T_s$ den Wärmeverlust durch Ableitung bei Dauerbetrieb, auf die Spieldauer T_s bezogen, und setzt für die relative Einschaltdauer T_e/T_s den Buchstaben z und für das Verhältnis T_s/τ den Buchstaben x, so kann man der Gl. (15) die Form geben

$$Q = Q_0\left[z + \frac{1}{x}\left(1 - e^{-x(1-z)}\right)\right] = Q_0 y. \qquad (16)$$

Hierin bedeutet der Klammerausdruck die Minderung y der Verluste im unterbrochenen Betrieb gegenüber Dauerbetrieb, auf gleiche Spieldauer bezogen. Der Ofenverlust hängt also einmal von dem Takt des Ofenbetriebes $z = T_e/T_s$ ab und anderseits von der Zeitkonstante des Ofens, welche in x enthalten ist. Die Abhängigkeit des Minderungsfaktors y von der Betriebsweise z ist für verschiedene Werte x als Parameter in Abb. 8 als Schaubild dargestellt[4]). Aus dem Schaubild ist abzulesen, daß bei gegebenem Betriebstakt z die Verluste im unterbrochenen Betrieb um so kleiner werden im Verhältnis zum Dauerbetrieb, je größer der Parameter x wird, d. h. je kleiner die Zeitkonstante des Ofens ist.

[4]) Vgl. hierzu V. Paschkis: Elektrische Industrieöfen, S. 58; Berlin: Julius Springer 1932. Man sieht die Ähnlichkeit mit dem von Paschkis ohne Rechnung nur aus der Vorstellung entworfenen Schaubild Abb. 35a, welches hiermit in seinen Grundzügen bestätigt ist.

Die Zeitkonstante eines ausgeführten Ofens kann leicht durch Messungen festgestellt werden. Es ist nämlich

der Leerwert des Ofens $V = L\vartheta_0 \cdot \frac{1}{860}$ in kW,

der Speicherwert des Ofens $S = \frac{C}{2}\vartheta_0 \cdot \frac{1}{860}$ in kWh.

Leerwert und Speicherwert können gemessen werden. Daraus ergibt sich die Zeitkonstante

$$\tau = \frac{C}{2L} = \frac{\text{Speicherwert } S}{\text{Leerwert } V} \text{ in Stunden.} \qquad (17)$$

Da der Leerwert immer so klein wie irgend möglich gehalten werden muß, weil von ihm allein die Verluste im Dauerbetrieb abhängen, folgt, daß der Ofen für unterbrochenen Betrieb so leicht wie möglich auszuführen ist. Die günstigste Wandstärke muß jedoch für den Einzelfall

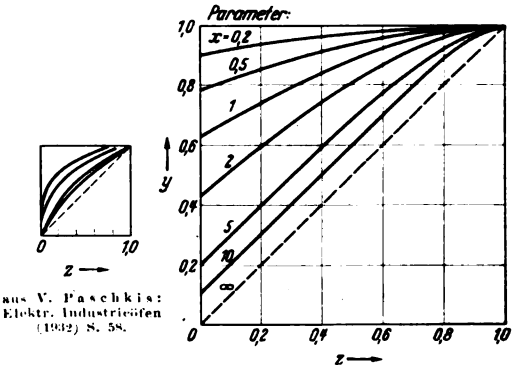


Abb. 8. Wärmeverluste bei unterbrochenem Betrieb.

aus Gl. (16) berechnet werden. Für sehr kurze Spieldauer verliert die Gl. (16) ihre Gültigkeit, da dann die Voraussetzung nicht mehr genügend erfüllt ist, daß die Aufheizzeit klein ist gegenüber der Einschaltzeit. Um eine Vorstellung zu geben, in welcher Größenordnung sich der Parameter x in praktischen Fällen bewegt, sei ein Achtstundenbetrieb angenommen mit einem Ofen, für dessen Wand die oben berechnete Zeitkonstante $\tau = 10$ h gelte. Der Parameter $x = T_s/\tau$ ist dann bei der Spieldauer T_s von 24 h 2,4. Die Kurve für $x = 2{,}4$ ergibt bei der relativen Einschaltdauer $z = \frac{1}{3}$ einen Minderungsfaktor $y = 0{,}65$, d. h. der Ofen verbraucht an Verlustwärme bei Achtstundenbetrieb 65 % der Verluste bei Dauerbetrieb oder der Leerverluste während 24 h.

Zusammenfassung.

Während die praktische Entwicklung der Elektroofenbautechnik in der Hauptsache aus der Erfahrung schöpft, sollte hier an einigen Beispielen gezeigt werden, daß auch die theoretische Verfolgung bestimmter Probleme neben der Bestätigung gewonnener Erfahrungen neue Aufschlüsse bringt. Der Streit über die günstigste Heizleiterform kann dahin entschieden werden, daß die Strahlungsleistung der Ofenwand bei den einzelnen Ausführungsformen von Wendel, Band und Felge nicht allzu verschieden ist und daß die praktischen Fragen, wie mechanische Festigkeit, Einbaumöglichkeit, Anschlußspannung, Preis, ebenso wichtig sein können für die Wahl der Bauform wie der Strahlungsgrad. — Die Betriebsweise ist bestimmend für den Wandaufbau. Bei unterbrochenem Betrieb werden die Gesamtverluste um so geringer, je kleiner die Zeitkonstante des Wärmeausgleichs, d. h. das Verhältnis von Speicherwert zu Leerwert ist.

Digitized by Google

Elektrowärme in der Schwerindustrie.

Von Fr. Knoops VDE, Freiberg i. Sa.

621. 364/5 : 669

Übersicht. Die Anwendung der Elektrowärme in der Schwerindustrie wird behandelt, die damit für die verschiedenen Zwecke verbundenen Vorteile werden aufgeführt und mit Zahlenangaben belegt.

Der Einsatz der Elektrowärme in der Industrie ist von Jahr zu Jahr gestiegen. Während im Jahre 1932 für Wärmezwecke $1000 \cdot 10^6$ kWh verbraucht wurden, erhöhte sich diese Zahl im Jahre 1935 auf $3700 \cdot 10^6$ kWh. Der Gesamtanschlußwert der in der Industrie in Betrieb befindlichen Elektroöfen stieg von $380 \cdot 10^3$ kW im Jahre 1932 auf $950 \cdot 10^3$ kW im Jahre 1935.

Diese nicht unerhebliche Zunahme ist auf die bekannten Vorteile der elektrischen Öfen zurückzuführen. Auch

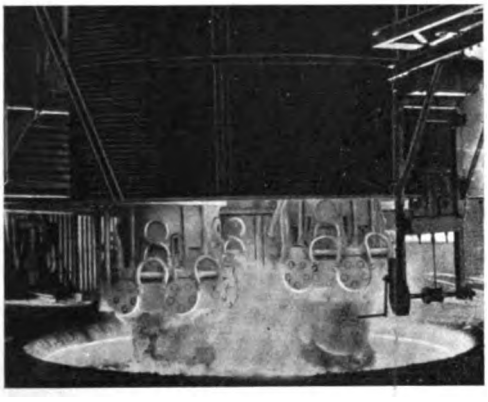


Abb. 1. Offener Elektrodenofen.

in der Schwerindustrie hat sich die Elektrowärme in den letzten Jahren durchgesetzt. Als erstes sollen die Ferrolegierungen behandelt werden. Verwendet werden für diese Zwecke meist Lichtbogenöfen mit hineinragenden Elektrodenkohlen (Abb. 1). Zur Herstellung von Ferrosilizium mit hohem Siliziumgehalt kann nur der elektrische Ofen Verwendung finden. Für Ferrophosphor mit einem Gehalt bis zu 20 % Phosphor ist der oben offene Ofen noch brauchbar; bei höheren Gehalten muß man sich eines geschlossenen Ofens bedienen.

Für Ferrosilizium werden für eine 45 %-Legierung etwa 6000 kWh/t verbraucht. Der Verbrauch wächst mit zunehmendem Siliziumgehalt und beträgt für eine 75 %ige Legierung etwa 12 000 kWh/t. Auch der Elektrodenverbrauch ist vom Siliziumgehalt der Legierung abhängig und schwankt zwischen 25 und 300 kg/t. Bei der Herstellung des Ferromangan rechnet man für eine 80 %ige Legierung mit einem Verbrauch von rd. 3500 bis 5000 kWh/t; die höhere Zahl gilt für niedrigeren Mangangehalt. In einer Anlage mit drei Öfen bei einem Anschlußwert von je 750 kVA werden jährlich 40 000 t erzeugt. Auf diesem Gebiete werden vielfach noch anders geheizte Öfen verwendet.

Die Stromverbrauchszahlen bei der Herstellung von Ferrochrom sind vom Kohlenstoffgehalt abhängig. Der Verbrauch beträgt z. B. bei einer Legierung mit 2 % Kohlenstoff und etwa 65 % Chrom 6500 bis 7000 kWh/t. Für Legierungen mit einem Kohlenstoffgehalt von 1 % erhöht sich der Stromverbrauch auf etwa 13 000 kWh/t. Ist der Kohlenstoffgehalt niedriger als 1 %, muß mit rd. 27 000 kWh/t gerechnet werden. Der Elektrodenverbrauch wird

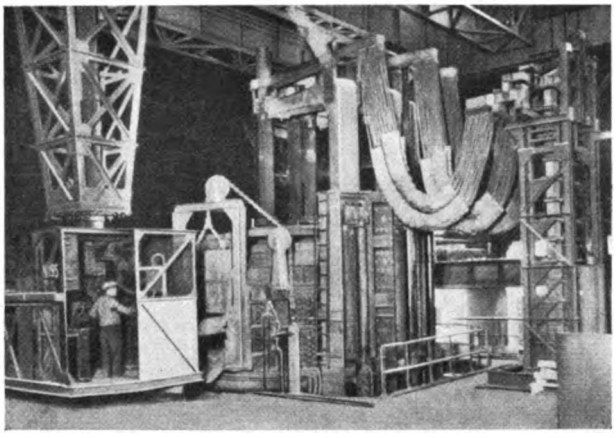


Abb. 2. 25 t-Lichtbogenofen, Trafoleistung 5700 kVA, mit Kranbeschickung.

60 bis 120 kg/t. In der neueren Zeit ist es gelungen, Ferrochrom im Hochfrequenzofen billiger als im Lichtbogenofen herzustellen.

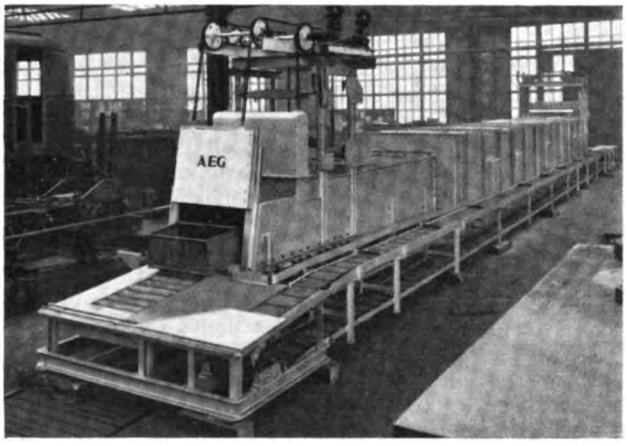


Abb. 3. Stoßglühofen.

Die Verbrauchszahlen für weitere Ferrolegierungen können folgender Zusammenstellung entnommen werden:

Ferromolybdän: (Ausgangsstoff Molybdändioxyd) . .	7400	kWh/t
„ („ Natrium- oder Kalziummolybdat)	15 ··· 16 000	„
„ („ Molybdändioxyd und Ferrosilizium)	1000	„
Ferrowolfram	7000 ··· 8000	„
Ferrophosphor	6000 ··· 7000	„
Ferrotitan	7000 ··· 8000	„
Ferrovanadin	7500	„

Auch Silicomangan, Kalziumkarbid sowie Elektrokorund und Elektrozement werden im elektrischen Ofen hergestellt.

Digitized by Google

Zur Stahl- und Eisenherstellung bedient man sich in der Industrie mit Vorteil der Öfen mit direkter Lichtbogenerhitzung. Gebaut werden diese Öfen bis zu einem Fassungsvermögen von 25 t (Abb. 2). Die Atmosphäre über dem Bad kann in solchen Öfen nach Bedarf oxydierend, neutral oder reduzierend gehalten werden. Man kann jedes Qualitätseisen in stets gleicher Güte herstellen. Durch große elektrische Schmelzleistung ist man in der Lage, die Schmelzzeit sehr herabzusetzen, und erzielt dadurch gleicheitig eine Abnahme der Wärmeverluste. Das Feinen kann mit geringerer Leistung vor sich gehen, indem man den Ofen von Stern auf Dreieck schaltet. Außerdem war man bestrebt, die Beschickungszeiten möglichst zu verkürzen. Dies erreichte man durch gut ausgearbeitete Beschickungseinrichtungen. Zur Herstellung von Stahl und Stahlformguß einschließlich Feinen verbrauchen diese Öfen etwa 700 kWh/t. Für hochwertige Stähle werden 900 kWh/t benötigt.

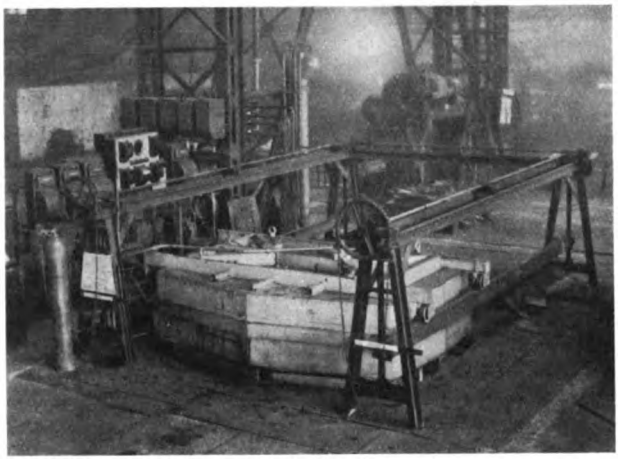


Abb. 4. Schachtofen 300 kW.

In Graugußgießereien hat man den besonders heute nicht zu unterschätzenden Vorzug, daß man bei der Chargenzusammenstellung außer hochwertigem Roheisen mehr Schrott und Gußbruch verwenden darf als in dem mit Brennstoff geheizten Ofen, und doch gleich guten Guß erhält. Entschwefeln und Entgasen kann man bis zu 0,01 %. Jedwede Überhitzung ist möglich. Aus diesem Grunde kann auch einwandfreier phosphorarmer dünnwandiger Guß erzielt werden. Der Abbrand ist im elektrischen Ofen geringer. Eine weitere Ersparnis von Rohstoff ist die Folge. Verbraucht werden für Grauguß je nach Ofengröße und Chargenzusammenstellung 650 bis 800 kWh/t.

Außer Lichtbogenöfen werden für die Herstellung hochwertiger Walz-, Schmiede- oder Sondergußstähle auch Hochfrequenzöfen verwendet. In Betrieb befinden sich solche Öfen mit Fassungen bis zu 6 t, im Bau mit einem Fassungsvermögen von 8 t. Ein 6 t-Ofen wird mit Hochfrequenzstrom von 500 Hz betrieben. Seine Leistung beträgt 1600 kW. Die dazugehörige Kondensatorbatterie von 24 000 kVA besteht aus 141 Einheiten zu je 6 µF. Wird in den warmen Ofen hochwertiger Stahlschrott mit einem Kohlenstoffgehalt unter 0,1 % C eingesetzt, beträgt die Einschmelzzeit rd. 2 h. Zum Einschmelzen werden 500 bis 600 kWh/t verbraucht; zum Feinen muß man mit 50 bis 200 kWh/t rechnen.

Für die Weiterverarbeitungsvorgänge, wie Glühen, Härten und Vergüten, kommen hauptsächlich Widerstandsöfen in Frage. Temperaturen bis zu 1000 ° C erreicht man mit Heizkörpern aus Chromnickel. Die in der letzten Zeit neu entwickelten Chrom-Eisen-Aluminiumlegierungen halten Temperaturen bis zu 1250 ° C aus. Sind Temperaturen bis 1450 ° C nötig, kann man sich nicht mehr der metallischen Heizkörper bedienen; es müssen dann keramische, wie z. B. Silit oder Globar verwendet werden. Außer Muffelöfen werden noch Salzbäder bis zu 1350 ° benutzt.

Aus den vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten der Muffelöfen bis zu 1000 ° C seien einige Beispiele herausgegriffen. Es handelt sich dabei meist um Glüh- oder Härtevorgänge. Der Stoßglühofen für durchlaufenden Betrieb (Abb. 3) ist gasdicht ausgeführt und arbeitet mit Temperaturen bis zu 950 ° C, Anschlußwert 320 kW. Der Ofen ist insgesamt 26 m lang bei (800 · 500) mm² Nutzquerschnitt. Trotz der großen Länge ist eine gleichmäßige Temperatur innerhalb der Glühkammer über die ganze Länge gewährleistet. Das Glühgut wird, wie aus der Abbildung ersichtlich, in Kästen eingesetzt und dann durch den Ofen gestoßen. Eine andere Form der Öfen sind die Schachtöfen (Abb. 4).

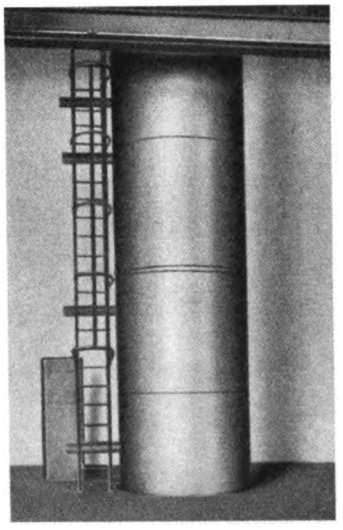


Abb. 5. Ofenschacht eines Schachtofens.

Der hier gezeigte Ofen dient zum Glühen von Spezialblechen bei Temperaturen von 1000 ° C. Der Deckel ist verfahrbar. Abb. 5 zeigt den Ofenschacht eines Schachtofens, in dem Rohre und Stangen bei Temperaturen bis 950 ° geglüht werden können. Seine gesamte Tiefe beträgt 8000 mm. Der Durchmesser des Ofenschachtes ist 1250 mm, der Anschlußwert 500 kW.

Öfen zum Weiterverarbeiten langer Teile können auch als Muldenöfen ausgeführt werden[1]). Einen von der üblichen Form etwas abweichenden Muldenofen zeigt die Abb. 6. Er hat einen Anschlußwert von 90 kW und arbeitet bei Temperaturen von 900 ° C, und zwar wird Bandeisen geglüht.

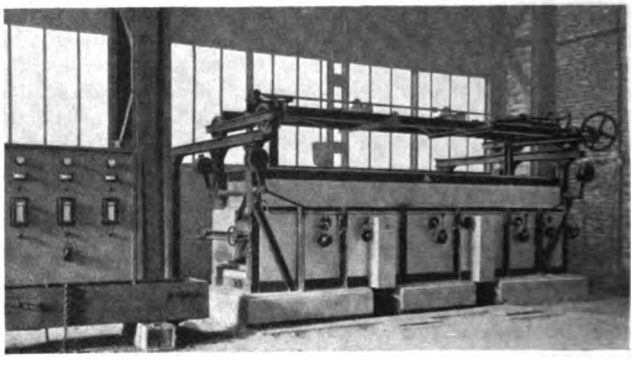


Abb. 6. Chromnickel-Muldenofen zum Glühen von Bandeisen.

Alle die genannten Öfen sind mit Chromnickel-Heizkörpern versehen. Wie diese Heizkörper in den Ofen eingebaut werden können, ist an dem abgebildeten Heizraum eines Einsatzglühofens ersichtlich (Abb. 7). In diesem Falle sind die Deckenheizkörper aufgehängt, während die Heizkörper an den Seitenwänden in Nischen liegen. Der

[1]) Ein solcher Ofen (130 kW) zum Behandeln von Rohren, Stangen und Blechen war in der ETZ 57 (1936) H. 33, S. 942, als Abb. 6 dargestellt.

Digitized by Google

Ofen hat einen Anschlußwert von 70 kW und einen Nutzraum von 600 · 400 · 1500 mm.

Um einige Verbrauchszahlen zu geben, sollen die folgenden Beispiele dienen. Ein Blockglühofen mit einem Anschlußwert von 350 kW kann mit 20 t beschickt werden. Es wird größtenteils mit Nachtstrom geheizt. Ist der Ofen voll eingeschaltet, so werden, um eine Temperatur von 800 ° C zu erreichen, 14 h benötigt. Die Abkühlung

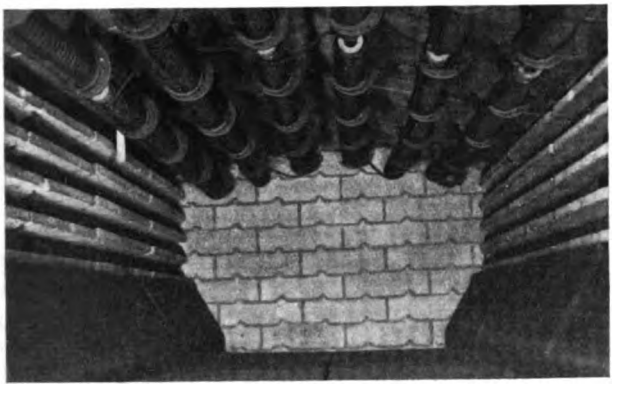


Abb. 7. Heizraum eines Glühofens.

geht sehr langsam vor sich. Um die Blöcke von 800 auf 300 ° C abzukühlen, sind etwa 60 h nötig. Je Tonne werden 250 kWh gebraucht. Ein anderer Ofen zum Ausglühen von Gußteilen hat bei einem Raum von (4200 · 2100 · 1600) mm³ einen Anschlußwert von 540 kW. Sein Fassungsvermögen beträgt 20 t, er wird durchschnittlich mit 12 t beschickt. Gearbeitet wird bei Temperaturen von 900 ° C und der Verbrauch beträgt 400 bis 450 kWh/t.

Abb. 8. Blankglühanlage.

Als weiteres Gebiet sei das Blankglühen genannt. Man unterscheidet drei Verfahren, und zwar Glühen unter Schutzgas (Siemens-Stassinet) und die beiden Verfahren Siemens-Prüfert und Grünewald, die unter luftverdünnter Atmosphäre arbeiten. Die einzelnen Verfahren dürften bekannt sein. Eine der größten Blankglühanlagen, die nach dem Verfahren Siemens-Stassinet arbeitet, befindet sich in Deutschland. Die Abb. 8 zeigt einen Teil der Anlage. Je nach Füllung der Öfen, nach Art des Werkstoffs und anderem schwankt der Verbrauch zwischen 150 und 350 kWh/t. Insgesamt sind 67 Blankglüh-Schachtöfen aufgestellt, deren Anschlußwert sich auf rd. 8250 kW beläuft. Als Schutzgas wird Wasserstoff verwendet. Es wird durch Pumpen umgewälzt; dadurch entfernt man gleichzeitig alle Öldämpfe aus den Öfen. In einer Reinigungsanlage wird das Gas regeneriert und dann wiederum benutzt.

Das Glühen und Abkühlen sind zwei voneinander geschiedene Arbeitsvorgänge. Der Ofen muß während der Abkühlzeit abgeschaltet werden. Um den Ofen besser ausnutzen zu können, sieht man besondere Abkühlbehälter vor. In einer solchen Anlage (Abb. 9), mit der nach dem Siemens-Prüfert-Verfahren gearbeitet wird, gehören zu den vier Glühofen je vier Abkühlbehälter. Das Gut wird in die rechts sichtbaren Behälter gebracht und in den Ofen eingesetzt, geglüht, und dann läßt man es in den Abkühlgefäßen abkühlen. Der Ofen arbeitet inzwischen mit der nächsten Charge weiter. Die abgebildeten Schachtöfen sind mit Innenheizung versehen. Dadurch erreicht man ein schnelleres Aufheizen und eine gleichmäßigere Temperatur innerhalb des Glühgutes. Die Abkühlgefäße sind luftdicht verschlossen. Die luftverdünnte Atmosphäre erhält man dadurch, daß man den Sauerstoff im Abkühlgefäß durch Anzünden eines Putzlumpens verbrennt.

Abb. 9. Schachtöfen mit Innenheizung.

Beim Grünewald-Verfahren wird das Gut in einen luftdicht abgeschlossenen Behälter eingesetzt, der mit Ventilen versehen ist. Nachdem durch das Erwärmen im Ofen ein Teil der Luft entwichen ist, wird das Ventil geschlossen. Das Gut kühlt dann in luftverdünnter Atmosphäre ab. In einem Ofen, der nach diesem Verfahren arbeitet, wurden zum Blankglühen von Stahl bei Temperaturen von 720 bis 730 ° C etwa 200 kWh/t verbraucht. Wurde mit Wärmerückgewinnung gearbeitet, sank der Verbrauch auf 170 kWh/t.

Von den Salzbadöfen sei ein unmittelbar geheizter mit einer Leistung von 15 kVA erwähnt (Abb. 10). Er wird an ein Drehstromnetz von 380 V, 50 Hz über einen Stufenumspanner angeschlossen. Der Tiegel ist in Form eines regelmäßigen Sechsecks ausgeführt und faßt ungefähr 3,1 dm³ Salzschmelze, die den Widerstand bildet. Als Höchsttemperatur kann 1350 ° C erreicht werden. Die Temperatur wird mittels des Stufenumspanners geregelt. Der Ofen dient zum Härten von Schnellstählen. Die Elektroden sind an drei nicht zusammenstoßenden Seiten des Sechsecks eingebaut. Da das feste Salz nur sehr schlecht den Strom leitet, muß man sich bei Inbetriebsetzen des Bades einer besonderen Einrichtung bedienen. Diese Art Öfen haben den Vorzug, daß die Erwärmung der Werkstücke außerordentlich schnell, gleichmäßig und zunderfrei vor sich geht.

Nun müssen noch die elektrischen Schmiedeöfen aufgeführt werden. Durch die elektrische Heizung wird eine Verschmutzung der anzuwärmenden Teile, die im offenen Schmiedefeuer kaum zu vermeiden sein wird, ausgeschaltet. Die Durchwärmung ist äußerst gleichmäßig. Die Werkzeuge, z. B. die Gesenke, werden durch den Fortfall von Schmutz weitgehend geschont; der Ausschuß wird

Digitized by Google

herabgesetzt. In einem Schmiedeofen, dessen Kammer 0,48 m³ groß ist, können stündlich bei einer Temperatur von 1250 ° C bis zu 120 kg erwärmt werden. Sein Anschlußwert ist 50 kW, der Stromverbrauch beträgt ungefähr 200 kWh/t. Der stündliche Durchsatz kleinerer Öfen liegt etwa wie folgt:

Anschlußwert kW	Durchsatz kg/h
30	30 ··· 70
12	20 ··· 30

Neuere Schmiedeöfen werden in Form von Drehherdöfen gebaut.

Das elektrische Tempern hat sich in Deutschland bis jetzt leider noch wenig durchgesetzt. Es ist mit solchen Öfen gelungen, statt in 6 bis 10 Tagen in 3 Tagen zu tempern. Elektrische Temperöfen wurden mit Fassungen von ½ bis 25 t gebaut. Die dazu gehörigen Anschlußwerte liegen zwischen 40 und 600 kW. Ist der Ofen aufgeheizt, so genügt zum Halten der Temperatur ein Drittel bis ein Achtel des Anschlußwertes. Der Energieverbrauch für den 72stündigen Tempervorgang beträgt:

25 t-Ofen	375	kWh/t
12 t „	450	„
7,5 t „	600	„
1 t „	625	„
0,5 t „	775	„

Verpackungsmaterial ist bei diesen Öfen nicht erforderlich[2]).

In Feinblechwalzwerken wärmt man die Walzen vor Beginn der ersten Wochenschicht mittels Elektrowärme (Anschlußwert 80 kW) in 8 h auf 300 ° C unter Einhaltung der betriebsmäßigen Temperaturverteilung an. Im Ersatzwalzenlager werden die Walzen auf Betriebstemperatur gehalten. Man ist dadurch in der Lage, im Bedarfsfalle sofort nach dem Einstellen der Walzen vollständig plane Bleche herzustellen.

Abschließend sei noch auf die elektrischen Kerntrockenöfen für Gießereien hingewiesen. Hier sind Temperaturen zwischen 140 und 160 ° C nötig. Wichtig ist bei diesen Öfen die Einstellung der Temperatur und die Entlüftung. Der Verbrauch beträgt bei großen Öfen (400 bis 500 kW Anschlußwert) und ununterbrochenem Betrieb 110 bis 120 kWh/t Kerne.

Abb. 10. Elektroden-Salzbadofen, 15 kVA.

Zusammenfassung.

Ausgehend von der Herstellung der Ferrolegierungen sowie der Stahl- und Eisenherstellung im Lichtbogenofen werden die Hochfrequenzöfen kurz behandelt. Anschließend folgen Ausführungen über Widerstandsöfen für Weiterverarbeitungsvorgänge. Die verschiedenen Blankglühverfahren und die dazu verwendeten Öfen werden beschrieben. Schließlich wird auf Schmiedeöfen, das elektrische Tempern und Kerntrockenöfen hingewiesen. Zahlenangaben erläutern die Ausführungen.

[2]) Heat Treat. Forg. 20, H. 5, S. 301.

Die elektrischen Schweißverfahren.

Von Oskar Zdralek VDE, Dresden.

621. 367 : 621. 791

Übersicht. Die verschiedenen in der Praxis angewendeten Verfahren der elektrischen Widerstands- und Lichtbogenschweißung werden mit Angabe ihrer Anwendungsgebiete kurz beschrieben.

Die ersten Versuche, die Wärmewirkungen des elektrischen Stromes auch zum Schweißen von Eisen und Metallen heranzuziehen, wurden schon in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts mit Erfolg durchgeführt. Jahrzehnte hat es aber noch gedauert, bis die Elektroschweißung praktische Anwendung in der Technik gefunden hat. Erst kurz vor dem Weltkriege wurden elektrische Schweißverfahren von einzelnen Eisen und Metall verarbeitenden Werken aufgenommen. Da die elektrischen Verfahren sich gut bewährten und ihre Vorzüge hinreichend bewiesen, fanden sie rasch weitere Anhänger und konnten auch für verschiedene Sonderaufgaben entwickelt werden. So gewannen sie immer weitere Anwendungsgebiete und sind heute im Maschinen-, Fahrzeug-, Stahlgerüst-, Brücken- und Schiffsbau in den beiden in ihren physikalischen Vorgängen verschiedenen Schweißarten, der Widerstands- und Lichtbogenschweißung, unentbehrlich geworden.

Widerstandsschweißung.

Das Wesen der Widerstandsschweißung liegt darin, daß die zu verschweißenden Flächen unter geeignetem Druck zur Berührung gebracht, beim Stromdurchgang infolge des Übergangswiderstandes an diesen Berührungsflächen auf Schweißhitze erwärmt und durch kräftigen Druck oder durch Stauchung verschweißt werden. Die Erwärmung soll dabei mit hoher Energie in möglichst kurzer Zeit durchgeführt werden, damit nur ein geringes Abwandern von Wärme von der Schweißstelle nach den anderen Teilen des Werkstückes auftreten kann und Oxydbildung, Gefügeänderungen und Wärmespannungen nach Möglichkeit vermieden werden. Auf diese Art können Werkstücke auf ihrer ganzen Berührungsfläche (Stumpfschweißung), bei Überlappung an nur einzelnen Punkten (Punktschweißung) oder längs einer Naht (Nahtschweißung) miteinander molekular verbunden werden. Allerdings sind zur schnellen Erreichung der hohen Temperaturen sehr hohe Ströme bei niedrigen Spannungen erforderlich, so daß für die Widerstandsschweißung ein Hochstromumspanner notwendig wird, der mittels entsprechender Anzapfungen auf der Oberspannungsseite gewöhnlich

Digitized by Google

auch zur Regelung der Schweißstromstärke benutzt wird. Der Hochstromumspanner, die je nach dem Verwendungszweck als Backen, Stifte oder Rollen ausgebildeten Stromzuführungen zum Werkstück und die Stauch- bzw. Druckvorrichtung bilden die Hauptteile der Widerstands-Schweißmaschinen, wie sie für Stumpf-, Punkt- und Nahtschweißung entwickelt worden sind.

Stumpfschweißung. — Bei Stumpfschweißungen wendet man nur noch selten, und zwar bei kleinen, vollen Querschnitten die ältere gewöhnliche Stumpf-Preß-Schweißung an, bei der zwecks gleichmäßiger Erwärmung die Stoßflächen genau zueinander passen und erforderlichenfalls vorher dahingehend vorbearbeitet werden müssen. Das jetzt meistens angewendete Verfahren der Stumpf-Abbrenn-Schweißung verlangt keine vorbearbeiteten Stoßflächen; vielmehr werden vorstehende Stellen der Stoßflächen während des Schweißvorganges nach kurzem Vorwärmen unter starkem Funkenregen abgebrannt, bis die Stoßflächen zueinander passend vorgerichtet und zugleich auf Schweißhitze erwärmt sind. Bei der darauf folgenden schlagartigen Stauchung wird das noch zwischen den Stoßflächen befindliche flüssige Material zugleich mit den Schlackeneinschlüssen nach außen gepreßt und bildet hier den die Abbrenn-Schweißung kennzeichnenden Perlenrand[1]).

Mit dem Abbrennverfahren lassen sich die verschiedensten Profile und auch Stähle hoher Festigkeit, bei denen eine Feuerschweißung nicht mehr durchführbar ist, einwandfrei schweißen. Die Schweißmaschinen werden bei kleinen Querschnitten[2]) für Handsteuerung ausgelegt; bei mittleren und großen Querschnitten wird die Einspannung des Werkstückes mit Hilfe von Elektromotoren, Wasser- oder Luft-Druckeinrichtungen vorgenommen, der Schweißvorgang aber halb-selbsttätig (Vorwärmen und Abbrennen durch Handsteuerung, Stauchen selbsttätig) oder vollselbsttätig ausgeführt. Mit der größten in Deutschland gebauten vollselbsttätigen Stumpf-Abbrenn-Schweißmaschine[3]) kann man Querschnitte von 2500 bis 25 000 mm² schweißen. Die Maschine ist für einen Einspanndruck von 14 bis 70 t, einen Stauchdruck von 14 bis 50 t und eine Umspannerleistung von 800 kVA ausgelegt. Die Umstellung von einem Schweißquerschnitt auf einen anderen kann durch Neueinstellung des erforderlichen Enddruckes und der zugehörigen Transformatorstufe in kürzester Zeit vorgenommen werden. Mit Rücksicht auf den beim Abbrennen auftretenden starken Funkenregen sind alle empfindlicheren Teile wie Spindeln, Führungen usw. gut abgedeckt.

Abbrenn-Schweißmaschinen werden auch als Einzweckmaschinen für die Massenherstellung bestimmter Werkstücke (Kettenglieder, Felgen, Reifen, Fensterrahmen u. a. m.) gebaut. Abb. 1 zeigt eine Schweißmaschine für das Anschweißen von Henkeln an Töpfe. Da beim Schweißen dünner Bleche ein Vorwärmen nicht erforderlich ist, kann hier die zum Abbrennen und Stauchen stets gleichgerichtete Schlittenbewegung durch eine von einem Elektromotor angetriebene Kurvenscheibe ausgeführt werden.

Punktschweißung. — In der Blech verarbeitenden Industrie hat die Punktschweißung als Ersatz für das Nieten, Löten und Falzen der Bleche weiteste Anwendung gefunden. Die einfachste Ausführung hierfür ist die vom Arbeiter gesteuerte Einpunkt-Schweißmaschine (Abb. 2), die für verschiedene Ausladungen und für Blechstärken bis zu 2 × 12 mm gebaut wird. Um den Ausfall der Schweißung von der Geschicklichkeit des Arbeiters unabhängig zu machen und immer in der Festigkeit und im Aussehen gleichwertige Schweißpunkte zu erhalten, kann man die Punktschweißmaschine mit einem Schweiß-Strombegrenzer versehen, der durch den bei vollendeter Schweißung ansteigenden Strom den Stromkreis selbsttätig unterbricht. Der Druck kann elektromotorisch mit Preßluft oder mit Preßwasser gegeben werden, wodurch

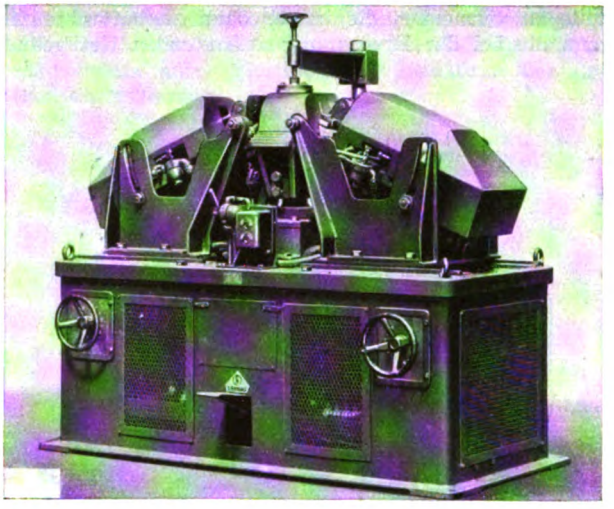


Abb. 1. Selbsttätige Stumpf-Abbrenn-Schweißmaschine zum Anschweißen von Henkeln an Töpfe.

eine Ermüdung des Arbeiters vermieden und eine erhöhte Punktzahl erreicht werden kann.

Sollen bei der Massenfertigung an bestimmten Werkstücken mehrere Punkte in genauen Abständen geschweißt werden, so verwendet man mit Vorteil die Mehrpunkt-Schweißmaschine (Abb. 3). Eine Abart hiervon stellt die Warzen-Schweißmaschine dar, die mit Plattenelektroden ausgebildet ist. Die Werkstücke müssen hierbei mit eingepreßten gleichhohen Warzen versehen sein, damit an diesen Berührungsflächen der Stromdurchgang und die Verschweißung erfolgt.

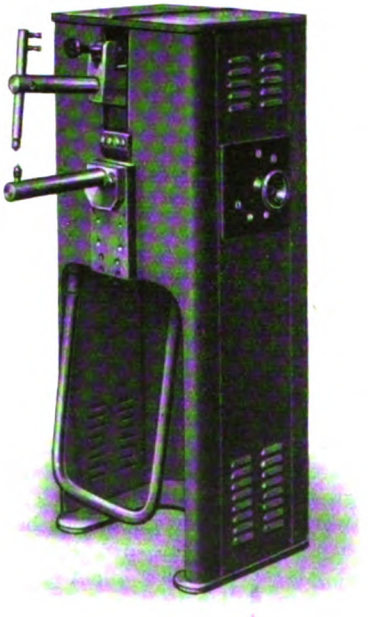


Abb. 2. Einpunkt-Schweißmaschine.

Für die Punktschweißung an sperrigen Werkstücken sind Punktschweißzangen und Punktschweißbügel (Abb. 4) entwickelt worden, die von Hand oder mit Preßluft gesteuert werden.

Eine Steigerung der Schweißleistung läßt sich durch Verkürzung der Schweißzeit u. U. auf Bruchteile einer Sekunde bei entsprechender Leistungssteigerung des Umspanners erreichen. Die mit Umspannern hoher Leistung für kurzzeitige Schweißungen ausgelegten Schnell-Punktschweißmaschinen werden gewöhnlich mit Schweißstrombegrenzern und motorischem Antrieb ausgeführt und ermöglichen bei dünnen Blechen bis zu 200 Punktschweißungen in der Minute.

[1]) Genaue Angaben über den Vorgang bei der Abbrenn-Schweißung s. H. Kilger, Dissertation T. H. Dresden (1935), als Buch im Verlag Fr. Vieweg & Sohn (1936) erschienen.

[2]) Schweißquerschnitte unter etwa 1 mm² können nicht mehr mit dem Abbrennverfahren verschweißt werden. Über eine Anordnung zur Schweißung dünner Drähte mittels Kondensatorentladung s. ETZ 56 (1935) S. 579.

[3]) ETZ 56 (1935) S. 17.

Digitized by Google

Noch wesentlich kürzere Schweißzeiten ($^1/_{1000}$ bis $^1/_{10}$ s) müssen eingehalten werden, wenn Bleche aus nichtrostendem Stahl, Messing, Kupfer, Nickel, Aluminium und seinen Legierungen punktgeschweißt werden sollen, und zwar, um einmal trotz der hohen Wärmeleitfähigkeit dieser Stoffe doch eine genügende Erwärmung der Schweißstelle zu bekommen und dann, um jede Korrosion der Schweißstelle zu vermeiden, die immer dann zu befürchten ist, wenn die bei der Erwärmung auftretenden Gefügeänderungen bis an die Oberfläche reichen. Der verkürzten Zeit entsprechend muß für die Punktschweißung dieser Stoffe die Maschinenleistung sehr hoch gewählt werden. Als Schaltgerät, das in kürzester Zeit die hohen Leistungen steuern kann, kommt nur ein Stromrichter in Frage. Das Schliffbild einer mit Stromrichtersteuerung an 2 mm-Aluminiumblechen ausgeführten Punktschweißung ist in Abb. 5 wiedergegeben.

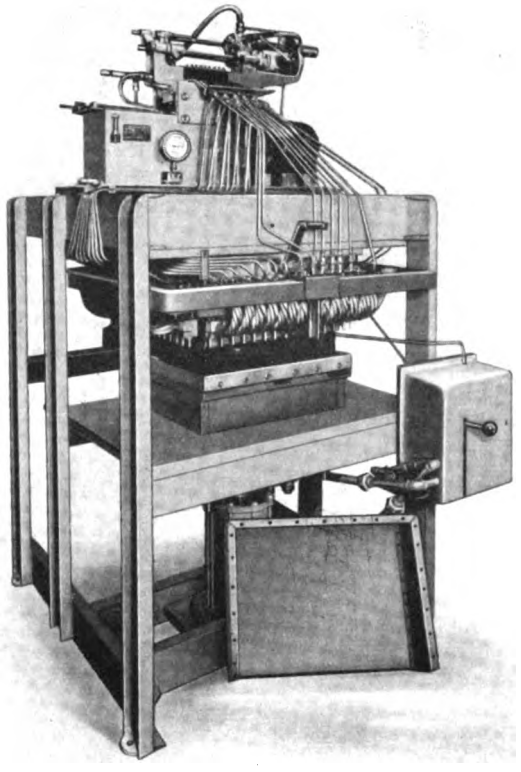


Abb. 3. Mehrpunkt-Schweißmaschine.

Nahtschweißung. Eine Nahtschweißung kann ohne weiteres mit einer Punktschweißmaschine ausgeführt werden, wenn man die Punkte in eine Reihe so eng aneinandersetzt, daß sie sich überschneiden. Da dieses Verfahren für die Praxis zu langwierig ist, hat man besondere Nahtschweißmaschinen entworfen, die in ihrem Aufbau bis auf die Stromzuführungen zum Werkstück den Punktschweißmaschinen gleichen. Als Stromzuführungen werden an Stelle der Stiftelektroden Rollen vorgesehen, von denen die eine zur Fortbewegung des Werkstückes durch einen Motor angetrieben wird. Bei richtiger Wahl der Stromstärke und Schweißgeschwindigkeit läßt sich bei sauberen und nicht zu starken Blechen eine einwandfreie Schweißnaht beim Durchlaufen der Bleche zwischen den stromführenden Elektroden erreichen. Bei stärkeren und nicht ganz reinen Blechen wird eine brauchbare Naht nur dann erhalten, wenn sie aus einzelnen sich überschneidenden Punkten zusammengesetzt ist. Dies wird dann möglich, wenn der Strom bei fortlaufender Rolle sehr häufig unterbrochen oder wenigstens stark geschwächt wird. Die Stromschwächungen werden mittels eines mechanischen, von dem Rollenantrieb gesteuerten Schalters oder mittels eines umlaufenden Drehtransformators (Modulator) vorgenommen. Bei dem Rollenschrittverfahren erfolgt die Stromschwächung auf gleiche Art; nur die Schweißung wird nicht bei fortlaufender, sondern bei stillstehender Rolle durchgeführt. Wie bei der Punktschweißung ist es auch bei der Nahtschweißung unter Verwendung einer Stromsteuerung mit gittergesteuerten Stromrichtern möglich, die Schweißzeit bei entsprechender Erhöhung der Maschinenleistung sehr stark herabzusetzen, so daß mit derartigen Hochleistungs-Nahtschweißmaschinen[4]) mit Stromrichtersteuerung auch Bleche aus Aluminium und nichtrostendem Stahl einwandfrei verschweißt werden können.

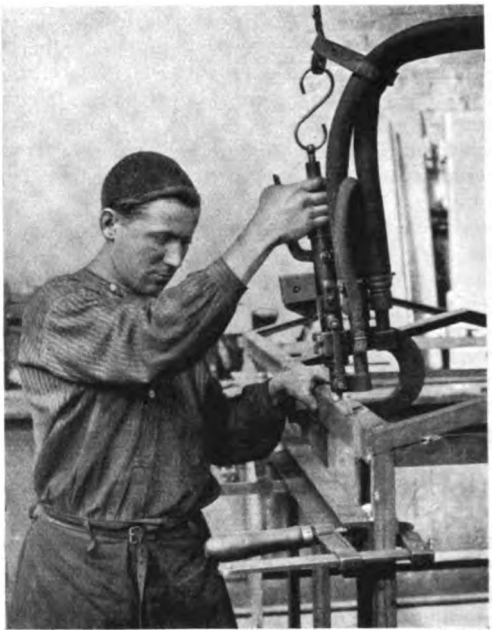


Abb. 4. Punktschweißzange, handgesteuert.

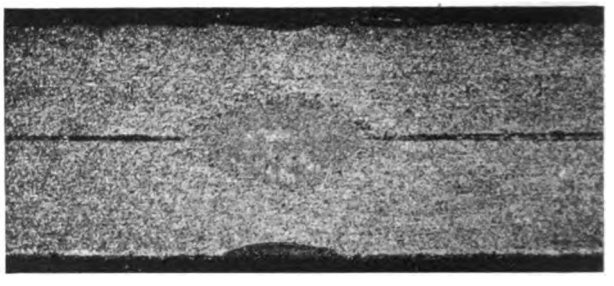


Abb. 5. Schliffbild einer Punktschweißung von Aluminiumblechen.

Lichtbogenschweißung.

Im Gegensatz zur Widerstandsschweißung, bei der die molekulare Verbindung durch Pressen der in teigigen Zustand versetzten Stoffe erfolgte, ist die Lichtbogenschweißung eine reine Schmelzschweißung. Die Werkstücke werden an der Schweißstelle mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens in flüssigen Zustand versetzt und gewöhnlich unter Zugabe von flüssigem Zusatzwerkstoff miteinander verbunden.

Benardos-Verfahren. In selteneren Fällen, und zwar vornehmlich beim Verschweißen von dünnen Eisenblechen bei einigen selbsttätigen Schweißeinrichtungen und z. T. auch beim Schweißen von Kupfer, Bronze

[4]) ETZ 56 (1935) S. 311.

Digitized by Google

und Aluminium wird der Lichtbogen nach dem Verfahren von Benardos zwischen dem Werkstück und einer Kohleelektrode gezogen. Der in Stabform zugeführte Zusatzstoff wird im Lichtbogen geschmolzen und dem am Werkstück bereits bestehenden Schmelzbade zugeführt. Dem Vorteil, daß die Kohleelektrode nur langsam abbrennt und daher der Lichtbogen leicht in gleicher Länge gehalten werden kann, steht der Nachteil gegenüber, daß die Schweißung mit wenigen Ausnahmen nur bei waagerechter Lage des Werkstückes ausgeführt werden kann, und daß bei zu kurz gehaltenem Lichtbogen ein Aufkohlen der Schweißnaht durch Elektrodenteilchen auftreten kann. Die Schweißung läßt sich mit Gleich- und Wechselstrom durchführen, die Lichtbogenspannung beträgt 20 bis 50 V.

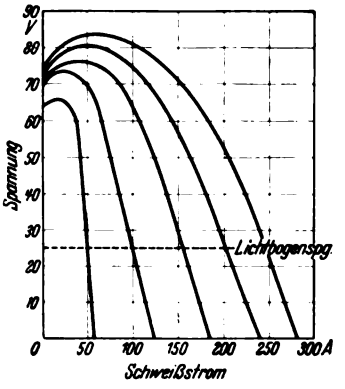


Abb. 6. Strom-Spannungs-Kennlinie einer Schweißdynamo.

Slavianoff-Verfahren. In den häufigsten Fällen wird der Lichtbogen bei der Lichtbogenschweißung nach dem Verfahren von Slavianoff zwischen dem Werkstück und dem als Elektrode ausgebildeten Zusatzstoff gezogen. Während der Schweißung schmilzt das Elektrodenmaterial an dem Fußpunkte des Lichtbogens und geht auf das auf dem Werkstück geschmolzene Bad über. Um eine Aufnahme von Sauerstoff und Stickstoff aus der Luft nach Möglichkeit zu vermeiden, muß der Lichtbogen sehr kurz gehalten werden. Die Lichtbogenspannung ist von der Elektrodenart abhängig und beträgt

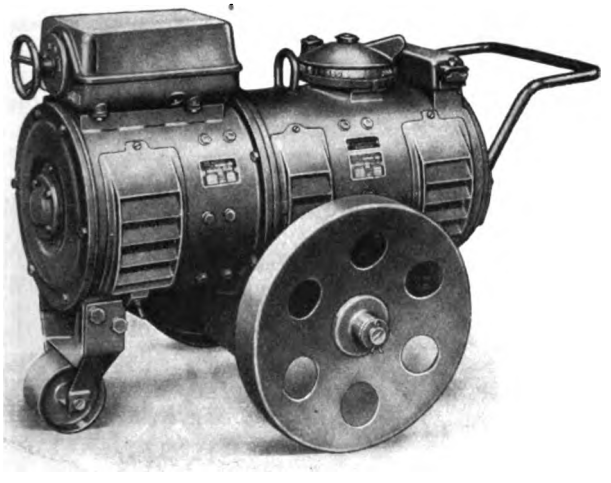
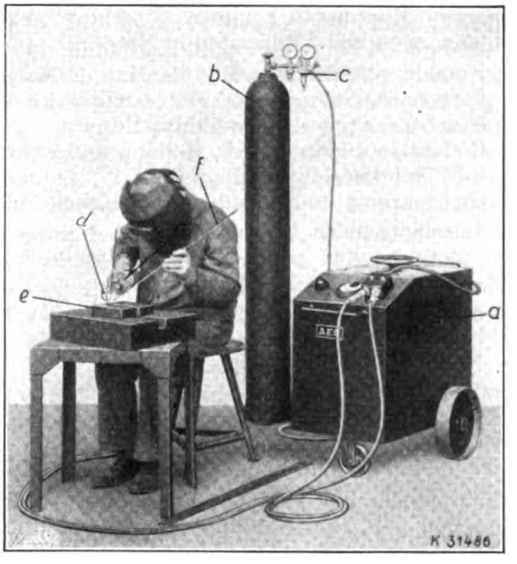


Abb. 7. Lichtbogen-Schweißdynamo.

nur 15 bis 40 V, bleibt aber nicht konstant, sondern fällt infolge der durch den Tropfenübergang veränderten Lichtbogenlänge bis auf 0 V. Da eine gleichmäßige Schweißnaht nur bei fast gleichmäßiger Schweißstromstärke erreicht wird, werden für die Schweißung besondere Stromquellen verwendet, die so ausgelegt sind, daß sie im Bereich der Schweißspannung geeignete Strom-Spannungs-Kennlinien (statische Kennlinien) (Abb. 6) aufweisen und auch ein günstiges dynamisches Verhalten zeigen. Für Schweißungen mit Gleichstrom sind besondere Schweißdynamos (Abb. 7) unter Anwendung verschiedener Schaltungen entwickelt worden, die bei den in Frage kommenden Klemmenspannungen fast konstante Ströme liefern. Für Schweißungen mit Wechselstrom, die bei Verwendung ummantelter Elektroden auch hier möglich sind, gebraucht man Schweißtransformatoren, die als Streuumspanner mit ähnlich verlaufenden Kennlinien gebaut werden. Bei Verwendung eines Oxydkathoden- oder Metall-Trockengleichrichters und eines entsprechenden Umspanners ist es möglich, Schweißungen mit Gleichstrom bei Anschluß an ein Drehstromnetz unter gleichmäßiger Belastung der drei Phasen auszuführen.



a Umspanner *c* Druckminderventil *e* Werkstück
b Wasserstoff-Flasche *d* Handschweißbrenner *f* Zusatzdraht

Abb. 8. Arcatom-Schweißeinrichtung.

Arcatom-Verfahren. Bei dem Arcatom-Verfahren werden die Schweißstelle und der Zusatzdraht durch einen zwischen zwei Wolframelektroden erzeugten Wechselstromlichtbogen zum Schmelzen gebracht, wobei gleichzeitig Wasserstoff als Schutzgas zugeführt wird. Durch das Schutzgas werden Schweißstelle und Zusatzstoff dem Einfluß des Sauerstoffes und Stickstoffes der Luft entzogen. Zugleich tritt auch durch die Dissoziation des Wasserstoffes im Lichtbogen eine reduzierende Wirkung sowie eine zusätzliche Wärmeentwicklung am Werkstück auf, die ein schnelles Aufschmelzen des Grundwerkstoffes bewirkt. Aus Abb. 8 ist die für die Arcatom-Schweißung erforderliche Einrichtung deutlich erkennbar. Der Umspanner (*a*) zur Erzeugung der erforderlichen Spannung liefert den Schweißstrom, während die Wasserstoff-Flasche (*b*) über das Konstant-Druckminderventil (*c*) Wasserstoff dem Handschweißbrenner (*d*) zuführt, so daß das Werkstück (*e*) und der Zusatzdraht (*f*) in einer Wasserstoffatmosphäre schmelzen.

Die drei genannten Verfahren der Lichtbogenschweißung, das nach Benardos, das nach Slavianoff und das Arcatom-Verfahren, werden auch bei selbsttätigen Lichtbogenschweißeinrichtungen angewandt.

Zusammenfassung.

Einige der verschiedenen Verfahren und Maschinen zur Widerstands- und Lichtbogenschweißung, die sich bisher in der Praxis durchgesetzt haben, wurden beschrieben und ihre Verwendungsbereiche gekennzeichnet. Bei der Lichtbogenschweißung wurde im besonderen die Stromerzeugung gestreift.

Digitized by Google

Elektrische Zugheizung.

621. 364. 9 : 625. 23

Ein Sonderausschuß des Internationalen Eisenbahnverbandes (IEV) hat im Januar und Februar 1935 auf elektrisierten Strecken in Italien, Frankreich und der Schweiz Versuche vorgenommen. Anlaß war ein Antrag Italiens beim IEV, die für die elektrische Zugheizung bestehenden Beschlüsse für den Betrieb mit 3000 V Gleichstrom zu erweitern.

Für die elektrische Zugheizung in den Ländern des europäischen Kontinents kommen künftig folgende Betriebsspannungen und Stromarten in Frage:

1000 V Einphasenwechselstrom 16⅔ Hz: Deutschland, Österreich, Schweiz, Norwegen und Schweden;
1000 V Einphasenwechselstrom 50 Hz: Ungarn;
1500 V Gleichstrom: Frankreich, Holland und wahrscheinlich Tschechoslowakei;
3000 V Gleichstrom: Italien und wahrscheinlich Polen.

Die durchgehenden Wagen müssen bei jeder der genannten Betriebsarten geheizt werden können. Zu den Versuchen wurden folgende D-Zug-Wagen gestellt:

Von Deutschland:	1 mit Luftheizung, 1 mit elektrischem Dampfkessel und 1 mit elektrischen Widerstandsöfen;
Frankreich:	1 mit Luftheizung;
Italien:	2 mit elektrischen Widerstandsöfen;
Österreich:	1 mit Luftheizung;
Schweiz:	2 mit Luftheizung.

Standversuche und Versuche während der Fahrt wurden vorgenommen, ferner Anheizversuche und Dauerversuche mit und ohne Regelung. Gemessen wurden außer den Temperaturen die aufgenommene Leistung und bei einem, mit einem Transformator ausgerüsteten deutschen Wagen auch die Einschaltstromstöße.

Versuchsstrecken waren in Italien: Bologna — Prato, in Frankreich: Chambéry — Modane, in der Schweiz: La Chaux de Fonds — Bern.

Den Versuchsfahrten gingen in Bologna eingehende Versuche mit Sicherungen voraus, die die sehr schwere Doppelaufgabe zu erfüllen haben, die hohen Ströme bei 1000 V dauernd auszuhalten und unmittelbare Kurzschlüsse auch bei 3000 V Gleichstrom ohne Geräusch und Rauchentwicklung abzuschalten. Erprobt wurden englische, französische, italienische, schweizerische und deutsche Erzeugnisse, wobei die letzteren ausgezeichnet abschnitten. Dabei hatten diese allein eine brauchbare Kennvorrichtung, was die Herstellung mit mäßigen Abmessungen nicht wenig erschwerte.

Im Teil 1 des Aufsatzes[1]) sind die Heizeinrichtungen der nichtdeutschen Wagen unter Beigabe von Schaltbildern beschrieben. Bei den italienischen Wagen werden in 3 Umschaltgruppen bei 3000 V jeweils 6 Öfen hintereinander, bei 1500 V 3 hintereinander in 2 parallelen Kreisen und bei 1000 V 2 hintereinander in 3 parallelen Kreisen geschaltet. Die Öfen sind so verteilt, daß beim Ansprechen einer Verteilungssicherung kein Abteil vollkommen ohne Heizung ist. Sämtliche Stromkreise werden durch einen Schalter bedient. Dieser Schalter wird unter Benutzung der 24 V - Gleichstrombeleuchtungsanlage mittels eines Steuerschalters entweder durch selbsttätige Wärmeregler oder, nach Abschalten dieser, von Hand betätigt. Die Heizkörper der Öfen sind Backer-Stäbe. Die Stäbe sind gegen Erde gut isoliert (Magnesiumoxyd, Leiter 2. Klasse), die Ofengehäuse vollkommen geschlossen.

Bei den beiden Schweizer Wagen wird die Luft vom Lüfter angesaugt und über Heizkörper in den Wagen geblasen. Der Lüftermotor ist je nach der Betriebsspannung entweder mit allen Heizkörpern oder mit einer Gruppe hintereinander geschaltet. Seine Betriebsspannung beträgt stets ungefähr 70 V. Einer der Wagen hat selbsttätige Spannungs- und Stufenschaltung, der andere handbediente Spannungsumstellung, Steuerstrom von der Lichtanlage des Wagens (Sammler). Bei den Wagen mit selbsttätiger Spannungs- und Stufenschaltung werden die Steuerwalze und die mit ihr gekuppelte Walze für die Umschaltung der Heizwiderstände durch einen Schaltmotor bewegt. Drehrichtung und Laufzeit des Motors werden durch ein Auf- und Abschaltrelais bestimmt. Vier für die 4 Betriebsarten abgestimmte Wählrelais regeln den Fluß des Stromes zum Schaltmotor über die Steuerwalze so, daß Steuerwalze und Umschaltwalze nur in einer zu der entsprechenden Betriebsart gehörenden Stellung stehen bleiben. Bei Einphasenstrom 1000 V 50 Hz läuft der Lüftermotor mit parallel geschalteten Feldwicklungen. Beim Ausbleiben der Heizspannung wird die Steuerwalze in die Nullstellung zurückgedreht. Der Lüftermotor wird durch einen besonderen Schalter im Sommer an den Steuerstrom gelegt, so daß er Frischluft in den Wagen bläst.

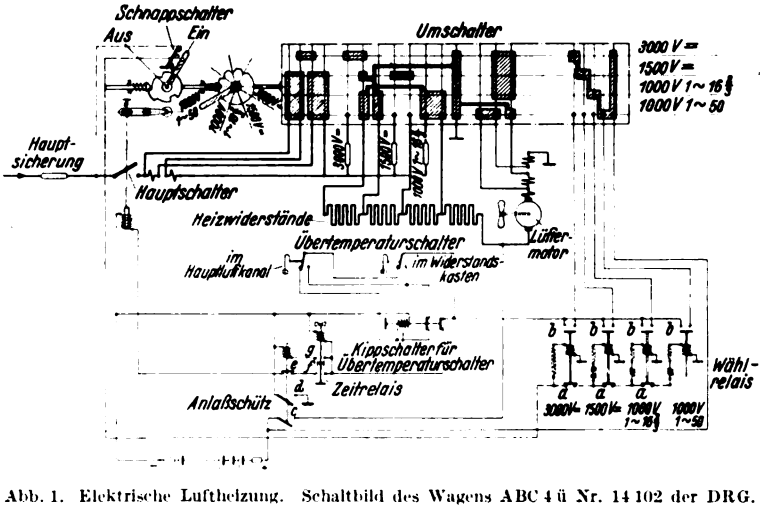


Abb. 1. Elektrische Lufthelzung. Schaltbild des Wagens ABC 4 ü Nr. 14 102 der DRG.

Der Wagen mit Handumschaltung benötigt, um das Aufbringen einer falschen Spannung auf eine Widerstandsschaltung zu verhindern, nur 2 Nullspannungsrelais, eines für Gleichstrom und eines für Wechselstrom. Der Hauptschalter wird von den Wärmereglern über ein Betätigungsrelais ein- oder ausgeschaltet.

Der österreichische Probewagen ist ähnlich dem Schweizer Wagen mit Handumschaltung. Der Lüftermotor wird aber vom Hilfsstrom betrieben. Außerdem kann die Luft auch durch einen Dampfheizkörper erwärmt werden. Auch hier kann der Lüftermotor im Sommer zum Einblasen von Frischluft verwendet werden.

Beim französischen Probewagen wird der Lüftermotor ebenfalls durch den Hilfsstrom getrieben. Der Wagen hat drei Wählrelais, die selbsttätig die Umschaltung auf die Betriebsart einleiten und 5 der Schaltung der Heizwiderstände und Sicherungen dienende Schütze. Der Hauptschalter wird — selbsttätig — später eingeschaltet als die Schütze und hält diese dann mechanisch fest. Die 5 möglichen Betriebsstellungen werden durch einen handbedienten Umschalter eingestellt, der folgende 6 Stellungen hat: A Nullstellung, B normale Heizung mit Regelung, C normale Heizung ohne Rege-

[1]) Rauch, Elektr. Bahnen 12 (1936) S. 34.

Digitized by Google

lung, D. beschleunigte Heizung, E. normale Abkühlung, F. beschleunigte Abkühlung.

Die Warmluftdüsen für die Heizung sind wie bei den übrigen Probewagen unter den Sitzen angeordnet, die Kühlluft aber wird über den Eingangstüren der Abteile eingeblasen. Bei der beschleunigten Heizung wird die Luft für den Erhitzer aus dem Wageninnern angesaugt und abhängig von der Stellung eines Feuchtigkeitskühlers aus dem Wasserbehälter des Wagens angefeuchtet. Die Wärmeregler arbeiten zum Teil nicht unmittelbar auf den Steuerstrom des Hauptschalters, sondern über Druckluftventile, wobei die Druckluft die den Steuerstromschalter in der Grundstellung festhaltende Federkraft überwindet. Zu beachten ist auch ein Sammlerschützrelais, das bei einer bestimmten niedrigsten Spannung den Steuerstromschalter abfallen läßt und dadurch die Heizung ausschaltet.

In Teil 2 des Aufsatzes werden die deutschen Wagen beschrieben. Sie bilden eine Gruppe für sich, weil planmäßig drei ganz verschiedene Heizungsarten in drei Wagen genau gleicher Bauart eingebaut wurden, so daß aus der verschiedenen Heizwirkung auch Schlüsse auf die Heizungsarten gezogen werden können. Wärmeregler wurden nicht verwendet, damit die Einrichtungen an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit erprobt werden können und durch Versagen eines Wärmereglers kein Mangel an einer Heizeinrichtung vorgetäuscht werden kann. Die Schaltung des Wagens mit Luftheizung zeigt Abb. 1, die des Wagens mit elektrisch betriebenem Kessel Abb. 2 und die des Wagens mit Widerstandsöfen (nach Angaben der Deutschen Reichsbahn) Abb. 3. Gemeinsame Bestimmungen für die drei Wagen: Umschalten der Betriebsart von Hand, Verriegelung des Umschalters und des Sicherungskastens durch den Hauptschalter, Heizung muß bei einer der Umschalterstellung nicht entsprechenden Spannung oder Stromart unmöglich sein, Prüfspannung 15 000 V. Alle Hilfseinrichtungen werden mit Gleichstrom 24 V aus der Beleuchtungsanlage (Sammler) betätigt.

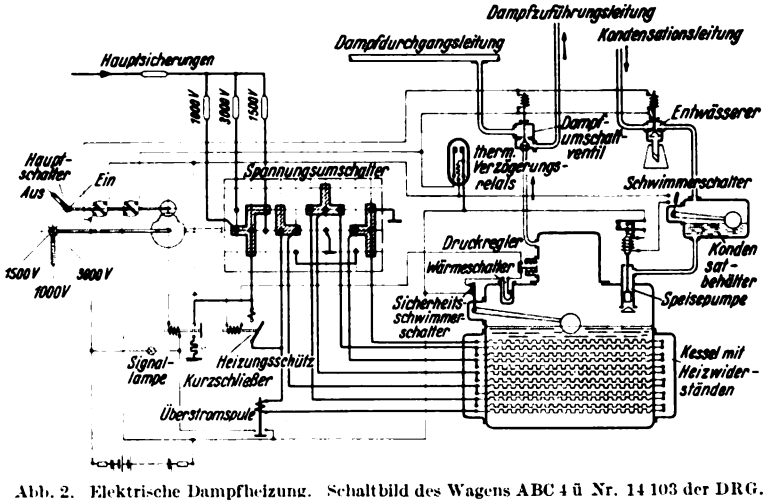


Abb. 2. Elektrische Dampfheizung. Schaltbild des Wagens ABC 4 ü Nr. 14 103 der DRG.

Bei dem Luftheizungswagen (Abb. 1) wird der Hauptschalter, wenn dessen Griff in die Einstellung gebracht wird, noch nicht eingeschaltet, sondern die Einschaltung nur vorbereitet. Eingeschaltet wird erst, wenn die zu den Wählrelais führende Leitung von der Heizleitung her über den „Schnappschalter" am Hauptschalter unter Spannung gesetzt ist. Der Lüftermotor läuft im Gegensatz zu den beiden Schweizer Wagen mit Hilfsstrom an und wird nach einer durch ein Relais bestimmten Zeit auf den Betriebsstrom umgelegt. Die a-Kontakte der 4 Wählrelais verbinden im ausgeschalteten Zustand sämtliche Spulen mit der Heizleitung. Zieht ein Wählrelais an, so schaltet sein a-Kontakt die Relais für die niedrigeren Betriebsspannungen ab, sein b-Kontakt schaltet das Zeitrelais ein, das den Lüftermotor vorübergehend an die Hilfsspannung legt, und beim Abfallen den Hilfsstrom für den Hauptschalter schließt. Dieser legt dann den Lüftermotor über die Heizwiderstände an die Heizspannung. Höchsttemperaturschalter sind im Widerstandskasten und im Hauptluftkanal angeordnet. Spricht einer von ihnen an, wird der Stromweg für die Spule des Kippschalters geschlossen, der den Stromweg für die Spule des Hauptschalters unterbricht.

Der Wagen mit elektrischem Heizkessel (Abb. 2) hat außer der normalen Dampfheizung einen elektrischen Kessel, dessen 30 kW aufnehmende Heizwiderstände durch einen Umschalter für die entsprechende Betriebsspannung geschaltet werden. Die Heizeinrichtung des Wagens wird — vorausgesetzt, daß der „Hauptschalter" genannte Steuerstromschalter eingeschaltet ist — durch das „Dampfumschaltventil" selbsttätig von der Dampfdurchgangsleitung abgetrennt und mit dem Kessel verbunden. Gleichzeitig wird die Kondensationsleitung vom Entwässerer getrennt und mit dem Kondensatbehälter verbunden, aus dem mittels einer elektromagnetischen Pumpe das Kondensat in den Kessel befördert wird. Die Pumpe wird durch einen Schwimmerschalter im Kondensatbehälter geschaltet. Das die Heizwiderstände einschaltende Heizungsschütz wird geschaltet durch 3 in oder am Kessel angebrachte Geräte, einen Druckregler, einen Wärmeschalter und einen Sicherheitsschwimmerschalter. Der Druckregler arbeitet zwischen 0,3 und 0,4 atü, 2 Sicherheitsventile sind auf 0,5 atü eingestellt. In einer bei allen Betriebsspannungen stets gleich belasteten Leitung zu den Heizwiderständen liegt eine Überstromspule, die bei Überlastung (Kurzschluß in den Heizwiderständen oder Aufbringen einer falschen Spannung) die Heizleitung an Erde legt, so daß die Sicherung abschaltet. Nach dem Abschalten der Heizung bleibt das Entwässerer- und das Dampfumschaltventil durch ein thermisches Verzögerungsrelais noch einige Zeit eingeschaltet, damit das Kondensat aus dem Wagen in den Kondensatbehälter zurückfließen kann. Die Bimetallkontakte dieses Relais werden durch einen Widerstand geheizt, nach dessen Abkühlung sie sich öffnen.

Der Wagen mit Widerstandsöfen (Abb. 3) hat eine Sammelleitung für 3000 V und eine solche für 1500 V, bei Betrieb mit 1000 V wird die Spannung durch einen Transformator auf 1500 V erhöht. Die beiden Hälften der Wicklung eines Ofens liegen bei 3000 V hintereinander, bei 1500 V parallel. Jeder Ofen ist für sich geerdet, so daß er ausgeschaltet stets Erdpotential hat. Die Wärme in den einzelnen Abteilen wird durch fernbediente Abteilschalterschütze geregelt. Diese sind stromstoßgesteuert, belasten also die Beleuchtungsbatterie nur kurzzeitig. Ein mit zwei Seitengangöfen in Reihe geschalteter Kurzschließer schützt die Anlage ähnlich wie bei der Dampfkesselheizung vor Überlastung. Beachtenswert ist eine Anzeigetafel im Wageninnern, auf der ein Leuchtschild durch zwei in die Betriebserdleitungen zweier Seitengangöfen gelegte Stromrelais eingeschaltet wird und angibt, ob die Anlage unter Spannung steht. Drei Lampen der Tafel, die vom Spannungsumschalter aus geschaltet werden, zeigen an, für welche Betriebsart die Heizungsanlage geschaltet ist

Im Teil 3 des Aufsatzes ist die Stellungnahme des IEV zu den Versuchen niedergelegt. Zunächst wurde festgestellt, daß alle durchgeprobten Wagen einwandfrei bei den Spannungen 1000, 1500 und 3000 V arbeiten können. Die eingebaute Leistung soll nicht zu niedrig und für eine möglichst kurze Vorheizzeit bemessen sein. Die Einrichtungen werden zwar durch den Betrieb mit 3000 V „verwickelter", die Mehrkosten werden aber als „noch annehmbar" erklärt. Ob die Umschaltung auf die Betriebs-

Digitized by Google

arten besser von Hand oder selbsttätig, wie bei einem Schweizer und dem französischen Wagen, vorzunehmen ist, wird nicht entschieden. Letzteres macht von der Zuverlässigkeit des Bedienenden unabhängig, bringt aber Betriebsfehlerquellen mit sich, für ersteres ist in den Übergangsbahnhöfen stets genügend Zeit. Es müssen längere Betriebserfahrungen abgewartet werden. Zwei Nachteile werden erwähnt, beim Wagen mit elektrischem Kessel die lange Anheizzeit, beim Wagen mit Transformator die Einschaltstromstöße. Der IEV legt sich vorerst noch auf keine Heizungsart fest, läßt 3000 V Betriebsspannung zu und ergänzt entsprechend die früheren Verbandsbeschlüsse.

Im Teil 4 werden nur für die Deutsche Reichsbahn Gesichtspunkte für die Weiterentwicklung der elektrischen Zugheizung des internationalen Verkehrs besprochen. Einleitend wird festgelegt, welche Eigenschaften eine Zugheizungsanlage haben muß und welche sie haben soll. Als notwendig werden bezeichnet: Einfacher Aufbau, Sicherheit und Störungsfreiheit, ständige Betriebsbereitschaft, genügende Leistungsfähigkeit beim Anheizen und im Dauerbetrieb und gute Regelbarkeit; als erwünscht: Leichtes Beheben von Schäden, Regelbarkeit vom Abteil aus durch den Reisenden, Beschränkung von unvermeidbaren Schäden auf möglichst kleinen Teil des Wagens, geringe Kosten in Anlage und Betrieb, erträgliches Gewicht. Auf die schweren Betriebsbedingungen wird hingewiesen. Anschließend werden die Vor- und Nachteile der drei deutschen Probewagen besprochen, wobei auch auf Messungen hingewiesen wird, die nach den Versuchen des IEV in Deutschland vorgenommen wurden.

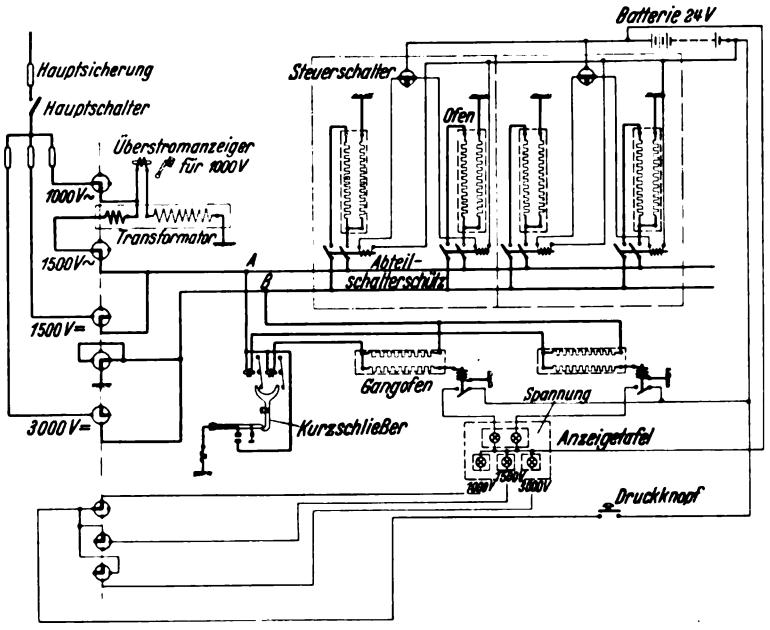


Abb. 3. Elektrische Widerstandsheizung. Schaltbild des Wagens ABC 4 ü Nr. 14 119 der DRG.

Vorteile des Wagens mit Luftheizung: Rasches Anheizen und ständige Erneuerung der Luft. Wählrelais, sowie Heizwiderstände und Lüftermotor haben bisher einwandfrei gearbeitet, bedenklich ist jedoch die umlaufende Maschine, zumal sie bei Unterbrechung des Stromes z. B. am Stromwender unter dem Potential der Betriebsspannung steht und Störungen am Motor die ganze Anlage ausschalten. Vorteilhaft erscheint der Antrieb des Lüftermotors durch den Betriebsstrom, da der Sammler der Lichtanlage bei längeren Stillständen nicht aufgeladen wird und erschöpft werden kann, nachteilig ist das Motorgeräusch. Weitere Nachteile sind, daß Schäden an den Relais und dem Motor im Ausland wohl kaum behoben werden können. Ungenügend ist die Regelung durch Drosselklappen, da durch das Abstellen in einem Abteil die Temperatur in den anderen erhöht wird. Verbesserungen in dieser Hinsicht sind im Gange. Interessant waren die sehr hohen Temperaturunterschiede der eingeblasenen Luft, 52 ° bis 124 ° C bei einer Fahrt Bologna—Prato, diese scheinen aber nicht auf die längs der Strecke sehr verschiedenen Abkühlungsverhältnisse zurückzuführen zu sein, sondern auf die Spannungsschwankungen im Fahrdraht.

Der größte Vorteil des Wagens mit Dampfkessel ist die Benutzung der bereits vorhandenen Dampfheizung, die damit verbundene gute Regelbarkeit und das verhältnismäßig geringe Gewicht. Die Gewichte der drei Heizungsanlagen: Luftheizung, Dampfheizung, Widerstandsofenheizung werden mit 1,93, 0,71, 2,13 t angegeben. Nachteilig sind die lange Anheizzeit und die Einfriergefahr, die trotz Isolierung des Kessels und der Leitungen unter dem Wagen nie ganz zu beheben sein werden, ferner die Häufung von selbsttätig arbeitenden Geräten, namentlich für Dampfdruck und Wasserzufluß. Diese sind zwar sehr sinnreich durchgebildet, können aber bei Störungen auf dem Gebiete fremder Verwaltungen sicher nicht instand gesetzt werden. Ein kleiner Schaden setzt die ganze Heizungsanlage außer Betrieb. Nachteilig ist ferner die verhältnismäßig hohe Leistung (29,5 kW), mit der trotzdem noch keine genügend kurze Anheizzeit erreicht wird.

Vorteile des Wagens mit Widerstandsöfen sind der einfache Aufbau, die gute Verteilung der Wärmeerzeuger, die Verwendung nur ruhender Geräte, die ständige Betriebsbereitschaft und die einfache Regelung der Wärme in den einzelnen Abteilen. Die Anheizzeit ist etwas länger als bei den Wagen mit Luftheizung, kann aber auf einfache Weise durch Vermehrung der eingebauten Leistung gekürzt werden. Der Wagen hat noch keine Verteilungssicherungen, deren Einbau aber vorgesehen ist. Sie sind noch in der Entwicklung, da sie möglichst klein werden sollen. Nach ihrem Einbau wird der Betrieb praktisch störungsfrei sein, da beim Ansprechen einer Verteilungssicherung nur $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ der Heizleistung ausfällt. Ein Nachteil ist das hohe Gewicht der Einrichtung (2,13 t), das unbedingt noch verringert werden muß. Der Nachteil der Einschaltstromstöße wird noch einmal erwähnt. Er tritt nur bei 16⅔ Hz auf, bei 50 Hz ist er unbedeutend. Der Verfasser gibt eine Reihe von Schaltungen an, durch die bei gleicher Leistung der Transformator ganz entfällt, dafür aber eine dritte Sammelleitung nötig wird. Der Hauptvorteil der Heizung mit Widerstandsöfen ist die verhältnismäßig geringe Leistungaufnahme. Sie beträgt, wenn ungefähr die gleiche Anheiz- und Dauerleistung erzielt werden soll wie bei der Luftheizung, 22,1 kW gegen 27,5 kW bei der Luftheizung. An Hand einer Tafel und von Schaulinien über die Betriebsergebnisse des süddeutschen elektrisch betriebenen Netzes wird gezeigt, welch höheren Vom-Hundert-Satz der elektrischen Arbeit die Zugheizung gerade in der Zeit beansprucht, in der die Kraftwerke Sperrzeiten eingeführt haben und die bezogene Arbeit teurer ist. Der Verfasser empfiehlt deshalb bei der Weiterentwicklung die Heizung mit Widerstandsöfen nicht zu vernachlässigen. Zum Schluß wird auf die verschiedene Behandlung der Wagen während ihres langen Laufes durch fremde Länder hingewiesen und empfohlen, die einzelnen Teile der Ausrüstung möglichst einfach und so zu gestalten, daß schon beginnende Schäden bei der Untersuchung in der Heimatwerkstätte leicht entdeckt und behoben werden können. *Eb.*

Digitized by Google

Elektrowärme im Druckbetrieb.

Von Wilhelm Puppe VDE, Leipzig.

621. 364 : 655. 31

Übersicht. Der Aufsatz gibt einen Überblick über die zur Zeit in Druckereibetrieben angewendeten Elektroheizungen. Zweckmäßige Ausführungsformen und ihre Anwendung werden unter Berücksichtigung der Tarife besprochen.

Die Elektrowärme hat im Druckbetrieb zum Trocknen, Schmelzen, Wärmen und Kochen Eingang gefunden. Bei der Verwendung dieser Energieart hat weniger die Wirtschaftlichkeit den Ausschlag gegeben als

die höhere Güte des Erzeugnisses infolge besserer Temperaturregelung und größerer Sauberkeit,
die Zeitersparnis durch vollselbsttätigen Betrieb,
die Besserung der hygienischen Verhältnisse,
der geringe Stoffverlust und
die größere Feuersicherheit in feuergefährdeten Betrieben

gegenüber Gas und Kohle.

I. Drucktrocknung.

Zu unterscheiden sind drei Arten der Drucktrocknung. Die einfachste ist das Wegschlagen der Farbe, d. h. Eindringen in das Papier vor allen Dingen bei Zeitungsdruck. Hierzu ist keine zusätzliche Wärme notwendig. Bei der Oxydation bzw. Polymerisation des Leinölfirnis der Druckfarbe bei Illustrationsbuchdruck kann Elektrowärme zur Beschleunigung des Oxydationsvorganges benutzt werden, weil der Firnis mit Sauerstoff unter hoher Temperatur leichter eine Verbindung eingeht. Die Anordnung ist meist so, daß die Papierbahn durch einen geschlossenen Kasten geleitet wird, in dem offene Heizelemente untergebracht sind. Bei den im Rotations-Illustrationsdruck üblichen Druckgeschwindigkeiten bis zu 6000 Papiermeter in der Stunde genügt eine Leistung von 3 kW je Meter Papierbahnbreite, um den größtmöglichen Erfolg zu erzielen.

Die meiste Anwendung findet die Elektrowärme zur Drucktrocknung bei Tiefdruckrotationsmaschinen. Hier handelt es sich um einen reinen Verdampfungsvorgang. Die Tiefdruckfarbe muß, um sie verdrucken zu können, in Benzin-Benzolgemischen gelöst werden. Diese Lösungsmittel werden nach dem Druck wieder verdampft, ein Vorgang, bei dem nach physikalischen Gesetzen unbedingt Wärme zugeführt werden muß. Dies muß erwähnt werden, da vor einigen Jahren einmal die „Kaltlufttrocknung", die es aber in Wirklichkeit nicht gibt, als besonderes Werbemittel diente. Die Elektrowärme wird verwendet zur Zylinderheizung durch Einbau von Heizelementen in die Papierführungstrommel. Abb. 1 und 2 zeigen die Einbaumöglichkeiten, die beide in der Praxis angewendet werden. Bei Abb. 1 werden mit Eisenblech umpreßte glimmerisolierte Heizelemente in enge Schlitze unter den Kupfermantel des Trockenzylinders eingeschoben, bei Abb. 2 liegt der Heizkörper im Brennpunkt des Reflektors, kommt also mit der Zylinderwandung nicht in Berührung. Bei entsprechender Isolation haben beide Ausführungen praktisch den gleichen Stromverbrauch. Die Ausführung nach Abb. 1 hat den Vorteil der kürzeren Anheizzeit, weil der Hauptwärmeübergang durch Wärmeleitung an den Berührungspunkten von Heizkörper und Kupfermantel erfolgt und die trennende Luftschicht nur sehr dünn ist. Die Ausführung nach Abb. 2 besitzt für den feuergefährlichen Tiefdruckbetrieb den Vorzug, daß die Zylinderwandung praktisch nie die Heizkörpertemperatur erreichen kann, so daß selbst im Stillstand der Maschine das auf dem Zylinder liegende Papier nicht in Brand geraten kann. Die Möglichkeit eines Körperschlusses, der unter Umständen die ganze Maschine unter Spannung setzt, ist bei 2 geringer als bei 1. Als Anschlußwert genügen 10 bis 12 kW je Meter Papierbahnbreite bei Papiergeschwindigkeiten bis zu 12 000 m/h.

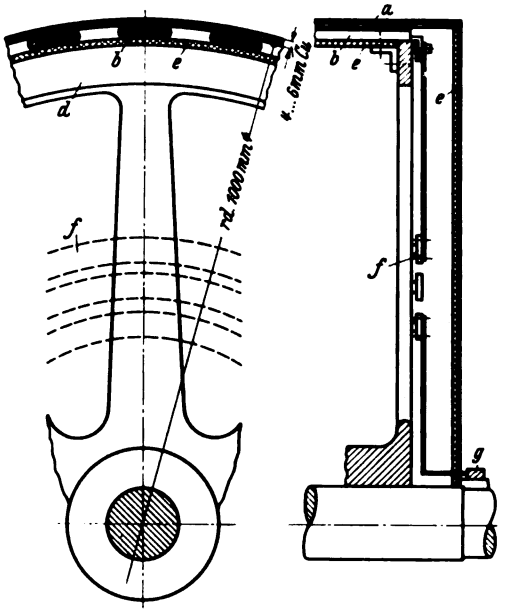


Abb. 1.

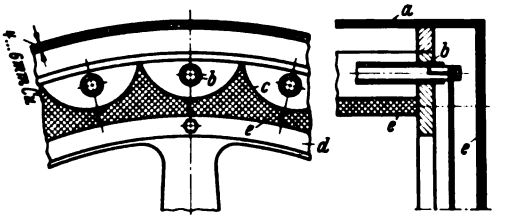


Abb. 2.

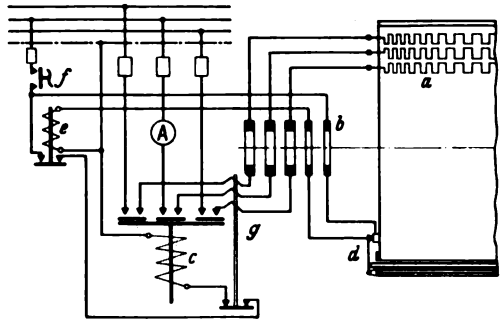
a Kupfermantel *b* Heizstäbe *c* Reflektoren *d* Tragkörper *e* Asbest- bzw. Glaswolleisolation *f* Sammelschienen *g* Schleifringe

Abb. 1 u. 2. Einbau von Heizkörpern in Elektrotrockentrommeln von Tiefdruckrotationsmaschinen.

Bei der Zylinderheizung ist die Elektrowärme den Energiearten Gas und Dampf in betriebstechnischer Hinsicht weit überlegen. Gas scheidet wegen der offenen Flamme und der Feuergefährlichkeit der Lösemittel hier vollkommen aus. Bei Dampf bereiten die Abführung des Kondensats und die Abdichtung der beweglichen Dampfzuführungen große Schwierigkeiten. Die Elektroheizung bietet neben der einfachen Zuführung über Schleifringe oder durch die hohle Welle noch den weiteren Vorteil der einfachen Bedienung und Temperaturregelung sowie der steten Betriebsbereitschaft unabhängig vom Betriebszustand der Kessel. Abb. 3 zeigt das Schaltbild einer Zylinderheizung mit Temperaturregelung. Es empfiehlt sich stets, die empfindlichen Kontakte des Temperaturreglers durch Zwischenschaltung eines Relais (*e*) mit geringem Leistungsbedarf der Magnetspulen vor zu hohem Abbrand zu sichern. Zu beachten ist, daß die Heizwicklungen so aufgebracht werden müssen, daß an der Stirnwand der Trommel in-

Digitized by Google

folge der größeren abkühlenden Fläche mehr Wärme erzeugt wird als in der Mitte. Dies geschieht durch geringeren Widerstand der Heizwicklung oder dichter gelegte Heizspiralen am Rande. Für die praktische Ausführung ist zu empfehlen, nicht die Schleifringe innerhalb, sondern außerhalb der Trommellager anzubringen. Dann ist die Überwachung der Ringe und der Bürsten leichter möglich.



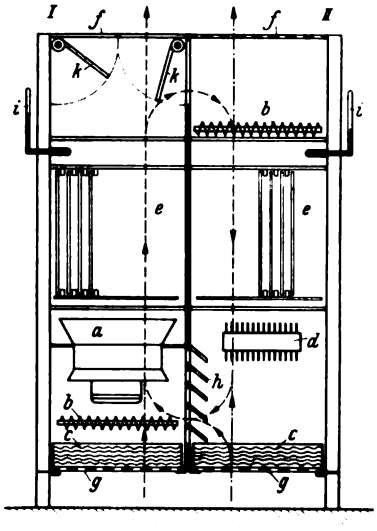
a Heizkörper *b* Schleifringe *c* Hauptschütz *d* Temperaturregler *e* Hilfsrelais *f* Drehschalter *g* Überstromauslöser

Abb. 3. Schaltbild einer Zylinderheizung für Tiefdruckrotationsmaschinen mit Temperaturregelung.

II. Sonstige Anwendungen zur Trocknung.

Einige Beispiele sollen die Anwendung der Elektrowärme zur Trocknung in den verschiedenen Abteilungen des Druckbetriebes noch erläutern:

Abb. 4 zeigt die Anordnung eines Trockenschrankes zum Trocknen von photographischen Filmen und Glasplatten[1]). Der Anschlußwert beträgt 4 kW. Die Trocknung kann je nach Art der verwendeten lichtempfindlichen Schichten und Schichtträger, der zur Verfügung stehenden



a Blaslüfter *b* Heizstäbe *c* Frischluftprallfilter *d* Kühlkörper *e* Film- und Plattenraum *f* Ausblasöffnungen *g* Frischlufteintritt *h* Umluftregelklappen *i* Thermometer *k* Wechselklappen

Abb. 4. Trockenschrank für photographische Filme und Glasplatten mit Elektroheizung.

Zeit und dem gewünschten Enderfolg verschieden betrieben werden. Die beiden Schrankhälften arbeiten zusammen oder getrennt, mit ruhender oder bewegter Luft. Luftvorwärmung und -nachtrocknung durch Erwärmen oder Kühlen sind möglich. Alle aus dem Raum eintretende Luft wird gefildert. Wesentlich ist bei dem Schrank die Anwendung des Umluftverfahrens, da bei einmaligem Durchgang der Luft deren Trockenfähigkeit nicht ausgenutzt werden kann. Durch geeignete Stellung der Klappen wird durch die Filter nur etwa 10 % kalter Frischluft angesaugt, so daß also die Luft etwa zehnmal durch das Trockengut streicht.

[1]) DRGM. 1 336 125.

Ein im Zeitungsbetrieb viel verwendetes Gerät ist noch der Materntrockner, Abb. 5. Er dient zum Fertigtrocknen der in der ebenfalls elektrisch geheizten Prägepresse geprägten Matern.

III. Schmelzen.

In immer weiterem Umfange dringt die Elektrowärme bei der Heizung von Metallschmelzkesseln aller Größen ein. Erleichtert wird dieses Eindringen dadurch, daß die Schmelzpunkte aller Letternmetalle nicht höher als 400 ° C liegen und selbst das am schwersten schmelzende Antimon nur einen Schmelzpunkt von 630 ° C hat. Die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu Gas und Ölfeuerungen ist schon häufig untersucht worden. Vom Wirtschaftsamt des Deutschen Buchdruckervereins wurden im Jahre 1930 Versuche über die Wirtschaftlichkeit von Setzmaschinenheizungen angestellt mit dem Ergebnis, daß bei den damaligen Gasbrennern Wirtschaftlichkeit bereits vorhanden war, wenn 1 m³ Gas nicht mehr kostete als 1 kWh Strom. Die inzwischen weiter verbesserten Gas- und Ölbrenner hatten das Verhältnis zuungunsten der Elektrowärme verschoben; anderseits ist auch der Wirkungsgrad der Elektroschmelzen durch Verbesserung der Wärmeisolation gesteigert worden. Allgemein läßt sich also feststellen, daß Wirtschaftlichkeit gegeben ist, wenn der Preis je kWh Strom etwas geringer ist als der Preis je m³ Gas. Die Unterschiede in den Heizwerten beider Energiearten werden durch die bessere Isolation und den besseren Einbau der elektrischen Heizelemente (Innenheizung) überbrückt, die bei der stets von außen an den nackten Kessel heranschlagenden Gasflamme nicht möglich ist. Außerdem bleibt die Wirtschaftlichkeit einer Elektroheizung immer die gleiche, während ein verrußter Brenner oder ein mit Verbrennungsrückständen beschlagener Kessel den Wirkungsgrad einer Gasheizung in ganz unwirtschaftlicher Weise herabsetzen kann.

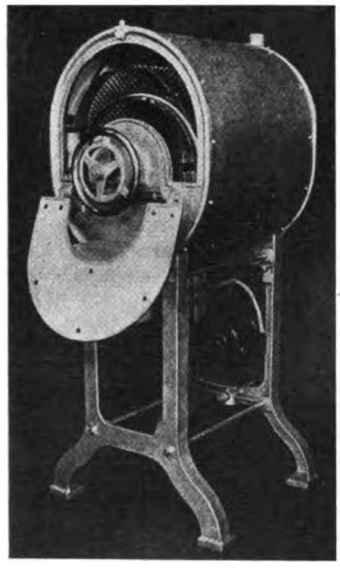


Abb. 5. Elektrisch geheizter Materntrockner.

Besonders die bereits in der Einleitung erwähnten Vorteile der Elektroheizung, die schwer in Geldeswert oder Wirkungsgrad auszudrücken sind, verhelfen aber der Elektrowärme gerade beim Schmelzen von Metallen im Druckbetriebe immer mehr zur Einführung. Der Wegfall des Sauerstoffverbrauches und die geringere Wärmeausstrahlung in den meist engen Betriebsräumen sind die hygienischen Vorteile. Der verringerte Metallabbrand (Krätze) und die höhere Gleichmäßigkeit der Schmelze infolge der einwandfreien Temperaturregelung ergeben erhöhte Wirtschaftlichkeit. Die früher vorhandene Abneigung gegen Elektroheizungen infolge der geringen Lebensdauer der Heizelemente ist heute überwunden. Dem Verfasser sind Heizungen bekannt, die jetzt bereits 26 000 Betriebsstunden ohne Störung hinter sich haben. Anwendung finden die Heizungen in überragendem Maße bei Setzmaschinen. Skeptisch beurteilt wird heute noch die Heizung von größeren Metallschmelzkesseln von 500 und mehr Kilogramm Inhalt, wie sie bei Gießmaschinen und Metallschmelzen verlangt werden. Auch hier liegen heute schon Ausführungsformen vor, die den Anforderungen des Betriebes in bezug auf Wirtschaftlichkeit entsprechen. Zu beachten sind folgende Gesichtspunkte:

Digitized by Google

a) nach Möglichkeit soll Innenheizung gewählt werden, die den besten Wirkungsgrad gewährleistet, weil das Metall den Heizkörper umspült (s. Abb. 6).

b) Ist Innenheizung nicht möglich, weil im Kessel gerührt werden muß oder weil schwere Metallstücke hineingeworfen werden, dann muß die Außenheizung in eingehobelte Nuten fest eingepreßt und gut nach außen isoliert werden. Aus Mißtrauen gegen die Betriebssicherheit der Elektroheizung wird häufig noch die Forderung gestellt, in einfacher Weise eine Umstellmöglichkeit auf Gas- oder Kohlenheizung zu schaffen. In solchen Fällen kann die Isolation immer nur behelfsmäßig erfolgen, so daß der Wirkungsgrad verringert wird.

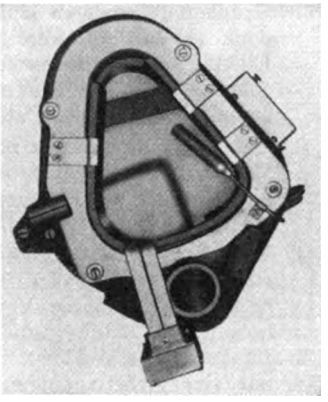


Abb. 6. Einbau eines Heizkörpers in den Elektroschmelzkessel einer Buchstabensetzmaschine.

c) Unbedingt notwendig ist der Einbau einer elektrischen Temperaturregelung mit Thermostat. Eine Bedienung von Hand wird bei Elektroheizungen immer zu erhöhtem Stromverbrauch Anlaß geben. Abb. 7 zeigt den Anbau einer Elektroheizung an eine

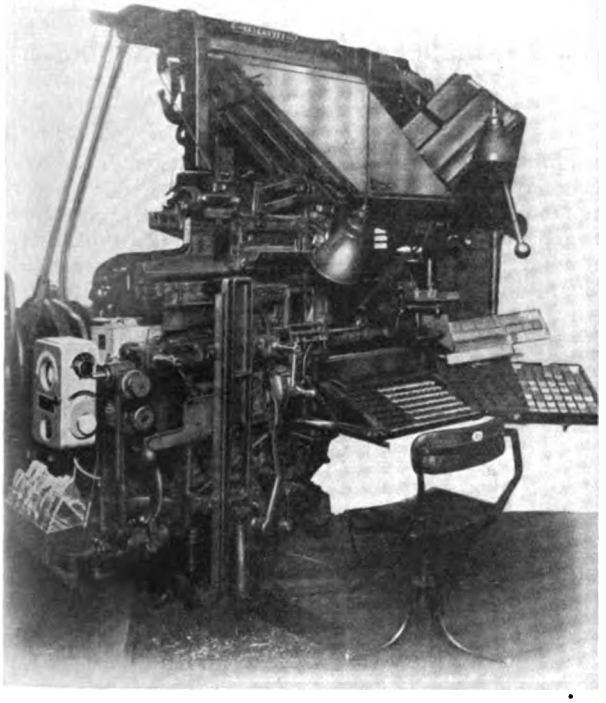


Abb. 7. Elektroheizung an einer Zeilensetzmaschine mit Temperaturregelung.

Zeilensetzmaschine, wie sie in großer Anzahl in Zeitungsbetrieben aufgestellt sind. Besonders zu beachten ist der zweckmäßige Zusammenbau der Geräte und die einfache Einstellung der Temperaturen am selbsttätigen Regler. Der Anschlußwert beträgt bis zu 2 kW.

In Abb. 8 ist ein Metallschmelzkessel von etwa 1200 kg Inhalt zum Schmelzen von Satz und Rundplatten dargestellt. Ein motorisch angetriebenes Rührwerk dient zum Entkrätzen und Mischen des Metalls, die eingebaute Kühlvorrichtung sorgt für raschen Plattenabguß. Der Anschlußwert beträgt 30 kW, dabei ist die Schaltung so getroffen, daß beim Anschluß an das Drehstromnetz die Heizkörper in Stern- und Dreieckschaltung betrieben werden können. Angeheizt wird mit voller Leistung in Dreieck und nachgeheizt, falls erforderlich, in Sternschaltung. Für einwandfreien Ausfluß sorgt eine besondere Gießmundheizung. Der Schmelzvorgang ist bei Temperaturen bis zu 450 ° in 1½ Std. durchgeführt. Für 100 kg Metall werden 4 kWh benötigt. Die Betriebsorganisation ist derart, daß der Ofen durch eine Schaltuhr 1½ Std. vor Betriebsbeginn eingeschaltet werden kann, so daß bei Arbeitsanfang die Schmelze fertigt ist. Bei der früher vorhandenen Kohlenfeuerung in einem Kessel alter Bauart dauerte der Schmelzvorgang allein etwa 4 Std. Die Wirtschaftlichkeit des Elektroheizkessels ergibt sich auch hier aus der Summe von Lohn- und Werkstoffersparnis sowie aus der größeren Sauberkeit und der besseren Hygiene des Arbeitsraumes.

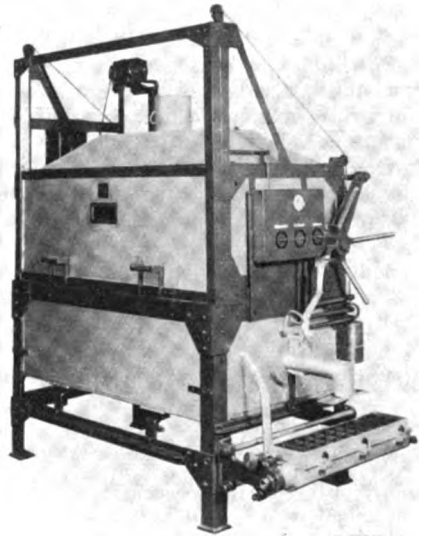


Abb. 8. Elektrisch geheizter Metallschmelzkessel für 1200 kg Inhalt.

Eine besondere Anwendung hat die Elektrowärme bei Maschinen gefunden, die zur Herstellung von Abplättmustern dient, bei denen Kolophonium auf dünnem Papier geschmolzen werden muß. Der Schmelzpunkt des Kolophoniums liegt bei etwa 90 °. Gasheizung ist wegen der damit verbundenen Feuergefährlichkeit nicht unbedenklich, ganz abgesehen von der mangelnden Gleichmäßigkeit über die gesamte Zylinderbreite.

IV. Wärmen und Kochen.

Abgesehen von bekannten Ausführungen als Wärmeplatten zum Anwärmen von Zelluloid für die Prägung und von Durchlauferhitzern zum Kaffeekochen für die Gefolgschaft in der Zeit, wo Dampf nicht zur Verfügung steht oder Gas wegen Feuergefährlichkeit (Tiefdruck) nicht angewandt werden kann, soll hier nur auf zwei Sonderausführungen von Elektrowärmegeräten hingewiesen werden. Leimkessel mit elektrischer Heizung werden in der Buchbinderei im Sommer häufig verwendet, um die Heizungskessel im Sommer nicht in Betrieb halten zu müssen und die Betriebssicherheit gegenüber gasgeheizten Leimkesseln zu erhöhen.

Für die Erwärmung von galvanischen Bädern werden gern elektrische Badwärmer benutzt, um die Badflüssigkeit während der Nacht oder über Sonntag auf gleicher Temperatur zu halten oder in den frühen Morgenstunden die Bäder anzuheizen. Gegenüber Dampfschlangen haben sie den Vorteil, daß Elektrizität bei Fremdstromversorgung

Digitized by Google

immer zur Verfügung steht und eine Verunreinigung der Bäder durch schadhafte Dampfschlangen oder Heißwasserleitungen nicht möglich ist, ganz abgesehen davon, daß auch schon einmal über eine beschädigte Kondensleitung ein galvanisches Bad in das Kesselspeisewasser ausgelaufen ist. Der Anschlußwert derartiger Baderwärmer schwankt zwischen 1 und 2 kW.

V. Tariffragen.

Die Ausführungen haben gezeigt, daß in der graphischen Industrie eine große Anzahl von Anwendungsmöglichkeiten für Elektrowärme vorhanden sind, die bei weitem noch nicht in allen Betrieben ausgeschöpft sind. Der Drucker ist auch sicher bereit, im Interesse einer höheren Güte der Druckerzeugnisse gewisse Mittel aufzuwenden, so daß es einer verstärkten Werbung von Elektrizitätswerken und der Elektroindustrie gelingen müßte, die Elektrowärme weiter einzuführen. Voraussetzung ist immer wieder, daß man dem Drucker in bezug auf die Tarifregelung entgegenkommt. Eine einfache Herabsetzung der Strompreise wird in den seltensten Fällen möglich sein. In verschiedenen Punkten laufen jedoch die Interessen von Elektrizitätswerk und Druckbetrieb zusammen, so daß dort wohl eine Grundlage zur Verständigung gegeben ist.

1. Den meisten Druckbetrieben steht Heizdampf zu billigem Preise nur im Winter zur Verfügung. Die Einführung der elektrischen Heizung verspricht auch einen wirtschaftlichen Erfolg, wenn das Elektrizitätswerk im Sommer Strom zu günstigen Bedingungen für Heizzwecke zur Verfügung stellt. Da auch der Sommer eine Zeit geringer Belastung für das Elektrizitätswerk ist, gehen hier die Wünsche von Stromerzeuger und Stromabnehmer zusammen.
2. Ähnliche Bedingungen liegen vor für Nachtarbeit, zu der sehr viele graphische Betriebe aus mancherlei Gründen gezwungen sind. Es wäre also durchaus denkbar, daß für die 3. Schicht von Dampf- auf Elektroheizung umgeschaltet wird unter der Voraussetzung, daß das Elektrizitätswerk billigen Nachtstrom zur Verfügung stellt.
3. Das Elektrizitätswerk müßte besonders in Wechselstromnetzen an Elektroheizungen großes Interesse haben, da sie bei gleichzeitigem Wirkstromverbrauch einen günstigen Leistungsfaktor schaffen.
4. Eine besondere Frage ist die Berechnung der Leistungsgebühr bei Tarifen mit Leistungs- und Arbeitsgebühr. Unter Voraussetzung einer gewissen hohen Benutzungsstundendauer oder, wenn die Punkte 1 bis 3 gegeben sind, dürfte es sich empfehlen, nur eine Arbeitsgebühr zu berechnen und die Leistungsgebühr für Elektroheizungen fallen zu lassen.

Zusammenfassung.

Ausführung, Schaltung und Anwendungsbereich für Elektroheizungen im Druckbetrieb wurden beschrieben: das Trocknen von Drucken und Filmen, Schmelzen von Letternmetall u. ähnl., Abplättwalzen, Wärm- und Kochvorrichtungen. Anhaltspunkte für die Anschlußwerte und die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wurden ebenfalls gegeben.

Elektrowärmegeräte für die elektrische Küche, insbesondere die Großküche.

Von F. Linke, Berlin.

621. 364. 5 : 728. 5

Übersicht. Die Sondereigenschaften der Elektrowärme verleihen der elektrischen Großküche Eigenschaften, die grundsätzlich und sehr stark von denen der Brennstoffküchen abweichen. Die sich daraus ergebenden Folgerungen für Gestaltung von Elektrogroßküchen, der Geräte in ihnen und für die Planung werden dargestellt. Ferner werden die neuen Elektrodenkochkessel und ihre Arbeitsweise sowie einiges Neue zu den Grill- und Spießbratapparaten erörtert. Den Schluß bilden Darlegungen über die Haushaltküche, ihre Sondereigenschaften und grundsätzlichen Verschiedenheiten gegenüber der Großküche.

Die Zahl der Sondergeräte, die für die Elektrogroßküche gebaut worden sind, ist sehr groß, unverhältnismäßig viel größer als bei andern Heizungsarten. Der Grund dafür liegt darin, daß die elektrische Heizung fast beliebig untergebracht werden kann und daher Geräte entworfen werden können, die dem jeweiligen Zweck ganz besonders gut angepaßt sind. Nun ist eine alte technische Regel, daß ein Sondergerät stets leistungsfähiger ist als ein Universalgerät; der Wirkungsgrad ist infolge der auf den Zweck zugeschnittenen Bauart erheblich größer. Wo es deshalb die Umstände gestatten, wird man in der elektrischen Küche solche Sondergeräte immer anwenden, wenn man sie ausnutzen kann. Daher erfährt eine Elektrogroßküche unter sonst gleichen Umständen stets eine größere Auflockerung als eine Brennstoffküche. Aber auch der Umstand, daß allein schon der brennstoffgeheizte Herd ein Universalgerät ist, in dem im Falle von Kohle- oder Ölheizung die Brat- und Backöfen untergebaut sind, um den Wärmeinhalt der Heizgase möglichst voll zu verwerten, bedingt, daß der elektrische Herd unter allen Umständen kleiner ist. Selbst in der größten Küche wird er immer nur verhältnismäßig klein sein. Daher wird der Rundherd z. B. nur in einer Größe, wenn auch mit zwei verschiedenen Bestückungen, hergestellt. Auch der „Ovalherd" wird stets groß genug sein (Abb. 1). Denn die mittleren, die größeren und die ganz großen Kochmengen werden von den Siedetöpfen, von den großen Töpfen auf Hockern und von den Kochkesseln aufgenommen, größere Pfannen-Bratmengen von den Kippbratpfannen.

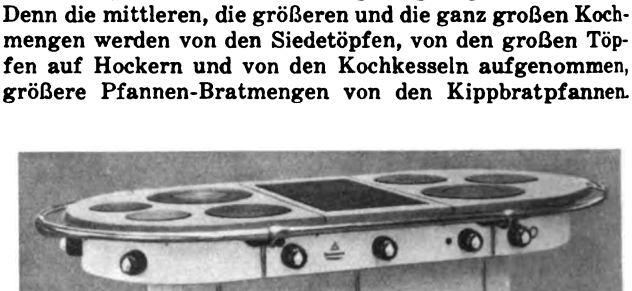
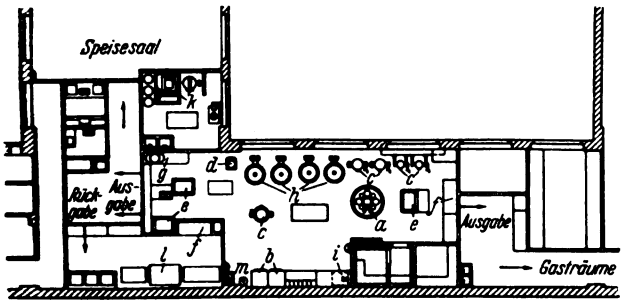


Abb. 1. Ovalherd für die Großküche.

Für den Herd bleiben nur die kleinen Koch- und Bratsachen übrig. Da in der Elektrogroßküche auch der Brat- und der Backofen gesondert stehen, entlasten sie den Herd gleichfalls. Der Brennstoffherd hingegen soll für a l l e Brat- und Kochsachen ausreichen. Während an ihm die alten Küchen-Mannschafts-Einteilungen in Brigaden durcheinander kamen, weil alle Köche den Herd benutzen müssen und sich in der Hauptkochzeit daran drängen und gegenseitig behindern, können die Brigaden in der Elektroküche viel besser aufgeteilt und eingesetzt werden. Zwar arbeiten auch hier mehrere Köche verschiedener Partien

Digitized by Google

am Herd, aber es würde letztlich keine Schwierigkeiten machen, den Herd noch weiter aufzuteilen und jeder Partie ihre eignen Kochplatten bereitzustellen. Das ist jedoch keineswegs erforderlich oder erwünscht. Denn schließlich soll die Auflockerung auch den Arbeitsplan der Küche erleichtern, fördern und sie in Anschaffung und Betrieb gleichzeitig jedoch wirtschaftlicher gestalten.



a	Rundherd	*e*	Warmwasserbad	*k*	Kartoffelschäl- und -waschmaschine
b	Etagenbratofen	*f*	Wärmtisch	*l*	Geschirrspülmaschine
c	Kippbratpfannen und -töpfe	*g*	Kaffeebrühanlage	*m*	Händetrockner
d	Elektrohocker	*h*	Elektrokochkessel		
		i	Küchenmotor		

Abb. 2. Gute Planung einer neuen elektrischen Küche für 600 Gefolgschaftsmitglieder (Gepräge einer Kasinoküche) und 200 Gäste (Gepräge einer Restaurantküche). Gesamtanschlußwert 265 kW.

Sicher ist, daß die Aufspaltung in viele Einzelgeräte den organischen Fluß der Arbeit in der Küche sehr begünstigt und die Planung nicht nur der Küche und ihres Betriebes sauberer und übersichtlicher zu gestalten erlaubt, sondern günstigen Einfluß auf die Planung der Gesamtanlage des Hauses und den ganzen Betrieb ausübt[1]), gleich welcher Art er auch sei (Abb. 2). Die Eigenart des technischen Hilfsmittels schafft diese neuen Möglichkeiten. Es gilt, die technischen Hilfsmittel den kochtechnischen Bedingungen und Grundlagen anzupassen und neue Arbeitsarten, Formen und Bauarten zu schaffen.

Für den Techniker müssen dabei alle die bewährten Grundsätze maßgebend sein, die die Technik seit langem befolgt. Manche neue Gesichtspunkte werden auftauchen, die wir jetzt erst zaghaft anwenden; auch manches Alte, Liebgewordene wird über Bord geworfen werden müssen. Den Sinn des gesondert stehenden Wasserbades z. B. erkennen noch nicht einmal alle Küchenfachleute. Und doch ist dieses Gerät erst praktisch geworden mit Hilfe elektrischer Heizung, weil man es nun an fast beliebigem Ort aufstellen kann. Daß trotz aller Anpassung auch die Küchengeräte normalisiert werden müssen, damit sie im Reihenbau preiswert hergestellt werden können, ist gerade in der Küchentechnik von großer Wichtigkeit. Man ist hier noch allzusehr gewohnt, jedem Sonderwunsche zu entsprechen, fast jedes Gerät jeder Küche anders zu bauen und jeder Laune des Auftraggebers zu willfahren. Im Grunde kommt man jedoch auch in der Küchentechnik ohne Sonderanfertigungen aus. Fällt es doch niemand ein, eine elektrisch angetriebene Küchenmaschine anders zu verlangen als in gangbarer Type, nur weil man es nicht gewohnt ist, und weil in diesem Falle eine Sonderanfertigung die Herstellungskosten vielleicht auf das Mehrfache steigern würde. Auch in der Technik der Kochgeräte muß sich der Brauch durchsetzen, Typen und Normen anzuwenden. Diese Maßnahme verbilligt die Anschaffungs- und damit die Betriebskosten und erleichtert Neigung und Absicht, veraltete Maschinen und Geräte durch neuere, leistungsfähigere zu ersetzen.

Nunmehr soll auf einige neuere Geräte für die elektrische Großküche eingegangen werden.

Von alters her ist man gewohnt, in Töpfen zu kochen. Das geschieht auch in der elektrischen Großküche. Aber die Wendigkeit des Heizmittels hat den Topf selbständig gemacht. Der elektrische Kochtopf war eins der ersten elektrischen Kochgeräte. Es ist ein Topf aus Eisen oder Stahl (meist innenemailliert), Aluminium, Reinnickel oder Nirosta, dem die Heizwicklung, u. U. auch fertige Heizeinsätze, aus einer Spezialfabrik bezogen, fest angebaut sind. Je nach der Topfgröße baut man diese Heizeinsätze verschieden, entweder als Bodenheizung oder als Boden- und Mantelheizung. Sie ist gewöhnlich eine leicht auswechselbare Strahlheizung aus Chromnickelwendeln, wobei Mantel- und Bodenheizkörper getrennt schaltbar und mehrstufig regelbar sind.

Diese Art der Heizung wird jedoch im wesentlichen bei nicht zu großen Kochtöpfen benutzt. Bei den eigentlichen Kochkesseln wendet man gern indirekte Heizung an, indem man erst ein Flüssigkeitsbad elektrisch heizt und mit diesem oder dessen Dampf das Kochgut erhitzt. Als Flüssigkeit dienen Öl, Glyzerin oder Wasser. Öl und Glyzerin eignen sich besonders für fahrbare Küchen, z. B. Feldküchen, weil solche Bäder sonst leicht einfrieren könnten. In der ortsfesten Küche benutzt man jedoch vorwiegend Wasser, um zugleich über eine Temperaturbegrenzung zu verfügen, die das Kochgut vor Anbrennen schützt. Weiter unten wird von dem Aufbau und dem Betrieb solcher Kessel noch eingehender die Rede sein.

In der Form wird der Kochkessel als Stand- oder Kipptopf (auch als Kipptopfbatterie) oder als Stand- oder Kippkessel ausgeführt. Standtöpfe sind die kleineren Töpfe von 15 bis 30 l Inhalt, die man an beliebigem Ort verwendet und mittels Kraftstecker an Kraftsteckdosen mit Stufenschalter schließt. Die entsprechenden Kipptöpfe werden ähnlich angeschlossen oder mittels fester Anschlüsse, die durch einen Tragarm oder eine Standsäule geführt werden. Manche Bauarten haben als Gelenkstromzuführung biegsame Litzen, andere Schleifringe. Die großen Kessel werden als Stand- oder als Kippkessel ausgeführt. Kippbarkeit hat den Vorzug, die Kessel leicht entleeren oder ausschöpfen zu können. Kessel mit mehr als 100 l Inhalt sind fast immer Standkessel. Gekippt wird meist mit Hilfe einer Schneckenradübertragung, damit man die schweren Massen fest in der Hand hat. Die Kipptopfbatterien werden meist derart gebaut, daß jeder Topf (10 bis 50 l Inhalt) im Unterbau der Batterie einen Dampferzeuger besitzt. Geheizt wird er gewöhnlich mit in einem Wasserbad befindlichen Tauchpatronen. Diese erhitzen das Wasserbad, das an den Zwischenkessel die Wärme abgibt.

Direkt geheizte Kessel brauchen natürlich mehr Fortkochenergie als indirekt geheizte, die während des Kochens Energie speichern. Danach richten sich die Anschlußwerte, die noch höher sind bei den schnell ankochenden Elektrodenkochkesseln. Für direkt geheizte 100 l-Kessel sieht man etwa 10 bis 12 kW für die Ankoch-, 4 kW für die Fortkochstufe vor; bei größeren Kesseln werden diese Werte verhältnismäßig kleiner. Die Anschlußwerte werden so gewählt, daß der gefüllte Kessel in einer Stunde zum Kochen kommt. Man isoliert die Kessel mit Hilfe von Schlackenwolle oder durch mehrere Alfollagen, so daß sie, geschlossen, in der Stunde nur 3 ° bis 5 ° Temperatur einbüßen. Diese Eigenschaft ist für den Betrieb der Großküche wertvoll.

Kochgeräte sind auch die Dämpfer für Kartoffeln und Gemüse. Das sind meist dampfdicht verschlossene Schränke, in denen durch Tauchheizkörper Wasser verdampft, womit das Kochgut gedämpft wird. — Man kann übrigens auch im Kochkessel dünsten, indem man das zu dämpfende Gut in Siebeinsätze tut. Alle diese Geräte sind bereits seit längerem bekannt, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht.

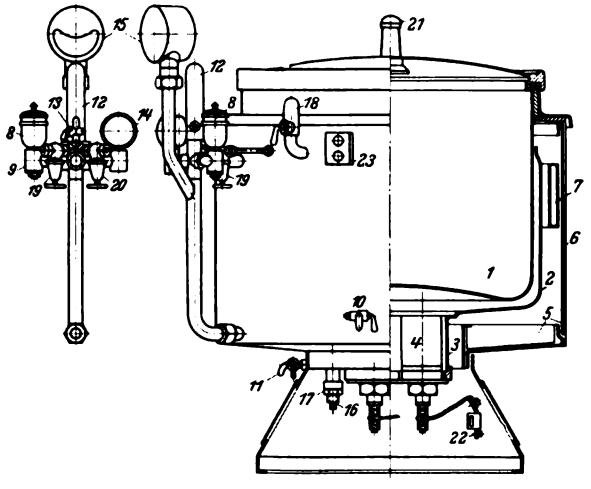
Die Elektrodenkochkessel.

Große Kochkessel heizt man in der Großküche gern mit Dampf, weil man direkte Heizung anwenden kann, ohne befürchten zu müssen, daß die Speisen anbrennen. Mit Hilfe der Elektrowärme hat man neuerdings diesen

[1]) Linke: Der Architekt und die elektrische Großküche, Berlin: 1936. Linke, Deutsche Bauhütte 39 (1935) S. 174, 190 u. 204.

Digitized by Google

Weg erfolgreich beschritten. Eingeleiteter Strom verdampft einen Elektrolyten, der meist nur Wasser ist, und mit dem Dampf heizt man den Kochkessel. Die Großindustrie benutzt dieses „Elektrodenverfahren" schon lange, z. B. in der Zellstoffverarbeitung und selbst zum Speichern anfallender Überschußenergie bis zu hohen Leistungen und Spannungen. Es hat sich als sehr wirtschaftlich erwiesen. Leider ist es bei Gleichstrom nicht anwendbar. Aber die meisten Stromerzeugungsanlagen liefern heute bereits Wechselstrom, so daß man in der Großküche meistens auch solchen zur Verfügung hat.



1	Innenkessel	*9*	Absperrhahn	*17*	Gegenmutter
2	Außenkessel	*10*	Probierhahn	*18*	Regelventil
3	Dampferzeuger	*11*	Entleerhahn	*19*	Verbindungshahn
4	Elektroden	*12*	Sicherheitsventil	*20*	Speisehahn
5	Traggehäuse	*13*	Lufthahn	*21*	Deckelventil
6	Mantel	*14*	Manometer	*22*	Anschlußklemmen
7	Tasche	*15*	Strommesser	*23*	Druckknopfschalter
8	Fülltrichter	*16*	Stellschraube		

Abb. 3. Hollasch-Elektroden-Dampfkochkessel.

Die Bauarten von Elektroden-Dampfkochkesseln sind einander sehr ähnlich. Die beiden bekanntgewordenen Kessel dieser Art benutzen den bei der Dampferzeugung auftretenden Dampfdruck zum Regeln der Energiezuführung. Die erste Bauart[2]) stammt von Hollasch (Abb. 3 u. 4). Der eigentliche Kochkessel *1*, meist aus Nirosta oder Reinnickel, ist mit Zwischenraum (Zwischenkessel *1—2*) von einem kupfernen umgeben, der unten einen kleinen Dampferzeugungskessel *3* bildet. In diesem sind Elektroden *4* aus Nirosta untergebracht. Der Dampferzeuger *3* kann durch einen Fülltrichter *8* mit Elektrolyten gefüllt werden, dessen richtige Einstellhöhe mit Hilfe des Probierhahns *10* geregelt und geprüft werden kann. Eine den Außenkessel, von diesem getrennt, umgebende Tasche *7* hat zum Dampferzeuger *3* eine Verbindungsleitung, wodurch der Elektrolyt in die Tasche *7* treten kann, sobald sich ein einstellbares Regelventil *18* öffnet. Schaltet man mit dem Druckknopf *23* den Strom ein, so erhitzt dieser den Elektrolyten im Dampferzeuger *3*, der entstehende Dampf tritt in den Zwischenkessel *1—2*, gibt seine Wärme an den Innenkessel *1* ab, und das Kondensat fließt in den Dampferzeuger *3* zurück. Dieser Vorgang verläuft ununterbrochen, bis der Inhalt des zweckmäßig geschlossenen und durch ein im Deckel befindliches Sicherheitsventil *21* geschützten Innenkessels auf eine gewisse Temperatur gebracht ist, bei der die Wärme des Dampfes nicht mehr abgegeben werden kann. Er gerät also schnell unter Druck und preßt schließlich das Wasser aus dem Dampferzeuger durch die Verbindungsleitung in die Ringtasche, wenn der mit Hilfe des Regelventils *18* eingestellte Druck überschritten wird. Der Elektrolytspiegel im Dampferzeuger sinkt, der Widerstand wird größer, die Leistungsaufnahme geht zurück und regelt sich so ein, daß nur noch die Wärmeverluste gedeckt werden.

Damit im Zwischenkessel *1—2* im kalten Zustande kein Unterdruck entsteht, ist im Sicherheitsventil *12*, das zum Schutz des Dampfraums gegen Überdruck vorgesehen ist, ein selbsttätiger Ent- und Belüfter eingebaut, der die Belüftung nach der Außerbetriebsetzung und die Entlüftung nach der Inbetriebsetzung übernimmt. Dieser Ent- und Belüfter öffnet und schließt bei etwa 0,05 atü. Die Ent- und Belüftung kann außerdem durch den Lufthahn *13* vorgenommen werden, der dann bei der Inbetriebsetzung zweckmäßig so lange offenzuhalten ist, bis ein kräftiger Dampfstrahl austritt.

Um beim Einschalten des Kessels nicht mit einem starken Stromstoß zu beginnen, läßt man nach dem Einschalten den Elektrolyten, der sich vom vorangehenden Kochprozeß z. T. in der Tasche *7* befindet, durch Öffnen des Regelventils *18* aus der Tasche in den Dampferzeuger zurückfließen. Dasselbe erreicht man durch Öffnen des Verbindungshahns *19*. Mit diesem Rückfluß nimmt der Kessel in steigendem Maße Strom und bald eine sehr große Leistung auf. Die Temperatur im Innenkessel steigt

Abb. 4. Ansicht des Hollasch-Elektroden-Dampfkochkessels.

dann rasch und gleichmäßig an. In dieser Zeit des Ankochens wird die zugeführte Energie zu 90 bis 93 % ausgenutzt. Die Stromaufnahme wird vollselbsttätig und stufenlos ohne irgendwelche Schaltvorgänge geregelt, indem der sich ändernde Dampfdruck den Elektrodenspiegel verändert, der dabei die Elektroden mehr oder weniger benetzt. Die zum Fortkochen notwendige Leistungszufuhr stellt sich von selbst ein. Man ist jedoch in der Lage, auch von Hand einzugreifen und so einen Kochvorgang zu beeinflussen, falls z. B. gegarte Speisen noch einmal kräftig aufgekocht oder eingedickt werden sollen.

Der Elektrolyt besteht in den meisten Fällen aus dem örtlichen Wasser, das am besten der Warmwasserleitung entnommen wird, weil in diesem die ausfällbaren Kesselsteinbildner zum größten Teil nicht mehr vorhanden sind. Die natürlichen Beimengungen machen Wasser fast immer

[2]) Kunze, „Elektrowärme" 2 (1932) S. 229.

Digitized by Google

so leitend, daß man keine Zusätze braucht. Ist das örtliche Wasser nicht verwendbar, so tritt an dessen Stelle Regenwasser, das durch Sodazusatz leitend gemacht wird. Die Menge des Elektrolyten ist verhältnismäßig sehr klein und beträgt 1,5 bis 7 l, je nach der erwünschten Höchstleistungsaufnahme.

Da im Betriebe Dampf und Elektrolyt entweicht, muß solcher von Zeit zu Zeit nachgefüllt werden. Wenn dieser nicht richtig abgestimmt ist, kann das der aufmerksame Koch am Strommesser bemerken. Ist zu wenig Elektrolyt vorhanden, so muß die Leistungsaufnahme des Kessels unter dem Durchschnitt liegen. Eine Gefahr besteht in keinem Falle. Denn ist zu wenig oder schlecht leitender Elektrolyt vorhanden, so kann der Kessel nicht überhitzt werden. Wäre gar kein Wasser vorhanden, so könnte überhaupt kein Strom aufgenommen werden. Der Kessel könnte daher auch nie durchbrennen. Es ist überhaupt einer der ganz großen Vorzüge des Elektrodenkochkessels, daß er durch keinerlei Leergang gefährdet ist, auch wenn er kein Kochgut enthalten würde. Der Grund ist, daß auch in diesem Falle die Temperatur des Innenkessels 100 ° kaum übersteigen könnte. Durch falsche Bedienung kann an dem Kessel keinerlei Unheil vorkommen.

Der Elektrodenkochkessel ist für jede praktisch vorkommende Betriebsspannung verwendbar. Er ist so ausgerüstet, daß er mit einem am Kesselgehäuse angebauten Druckknopf, der auf einen Selbstschalter einwirkt, oder mit einem gewöhnlichen Schalter in Betrieb gesetzt werden kann. In beiden Fällen ist dann noch das Regelventil *18* oder der Umgehungshahn *19* zu betätigen. Die Geräte können aber auch mit einem einzigen Handgriff in und außer Betrieb gesetzt werden, wenn ein ventilgesteuerter Kippschalter, der auf einen Selbstschalter wirkt, an Stelle des Druckknopfschalters angebaut ist. In allen Fällen kommen aber Schaltvorgänge nur beim Ein- und Ausschalten, nicht beim Regeln vor.

Die nach obigen Grundsätzen gebauten Elektrodenkochkessel weisen die in Zahlentafel 1 angegebenen Hauptgrößen auf.

Zahlentafel 1.

Inhalt		l	75	200	500	1000
Ankochverbrauch		kWh	9	24	58	116
Nennaufnahme	von	kW	25	42	78	90
	bis	kW	9	15	28	33
Kochzeiten	von	min	28	44	58	100
	bis	min	66	104	136	225

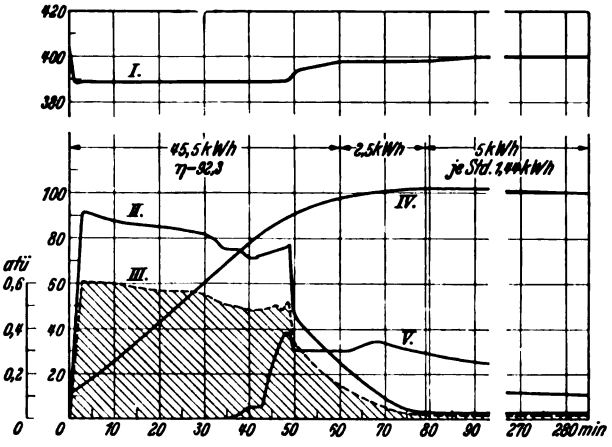
Diese Angaben gelten für Wasser mit 8 ° Anfangs- und 98 ° Endtemperatur.

Wie sich ein solcher Kessel im Betriebe verhält, sei an einem Betriebsversuch gezeigt (Abb. 5). Eine Wasserfüllung von 420 l und 11 ° Anfangstemperatur bei 16 ° Raumtemperatur wurde gekocht. Leider konnte der volle Anschlußwert nicht ausgenutzt werden, weil der speisende Transformator nur 50 kVA leistete. Der Stromhöchstwert wurde in 2 min erreicht. Nach 38 min trat Dampf am Lufthahn aus, so daß der Dampf mehr Wärme abgab, als der Innenkessel aufnehmen konnte. Der Kesselinhalt zeigte 72 °. Der Hahn wurde geschlossen, so daß der Dampf unter Druck kam. 0,39 atü eingestellter Höchstüberdruck war schnell erreicht. Dennoch stieg die Stromaufnahme an, weil die Dampfblasen zusammengedrückt wurden und daher der Wasserwiderstand etwas zurückging. Das Regelventil sprach an, der Druck sank auf 0,3 atü. Das Deckelventil blies stark ab. Nach 79 min sank die Leistungsaufnahme auf den Mindestwert und blieb nun während des Fortkochens gleich. An Energie waren 48 kWh verbraucht; der Kesselinhalt hatte 102 ° Temperatur. Der Wirkungsgrad ergab sich zu 92,6 %. Zum Fortkochen wurden 1,44 kWh stündlich verbraucht. Für einen solchen Kessel beträgt die Fortkochleistung etwa 2,6 % der Höchstleistung. Beim Fortkochen führt man gewöhnlich etwas weniger Energie zu, als zum Fortkochen eigentlich nötig ist, weil im Kochgut gespeicherte Wärme teilweise zurückströmt.

Da der zum Versuch benutzte Kessel ein umgebauter widerstandsgeheizter Wasserbadkochkessel war, hatte er noch nicht alle guten Eigenschaften des neuzeitlichen Elektrodenkochkessels. Der widerstandsgeheizte Kessel hätte übrigens nur einen Wirkungsgrad von 68 % erreicht. Bei zwei Versuchen mit 400 l-Kesseln wurden für gekochtes Fleisch 42 %, bei Kartoffeln mit Schnittbohnen 31 % an Strom erspart.

Der Arbeitsverbrauch ist übrigens bei allen Speisen geringer als bei Wasser, weil sie wesentlich geringere spezifische Wärmen besitzen.

Im Elektrolytwasser enthaltener Kalk fällt in solchen Kesseln als Schlamm aus und muß von Zeit zu Zeit entfernt werden. Die Elektroden selbst unterliegen natürlich der Auflösung. Aber man ist in dieser Beziehung schon so weit gekommen, daß der Verschleiß ziemlich gering ist.



Füllung	420 l Wasser	Linie	*I* Volt
Wasseranfangstemperatur	11 ° C	„	*II* Amp.
Raumtemperatur	16 ° C	„	*III* kW
höchstzulässige Belastung	75 kW	„	*IV* ° C
Dampferzeugerinhalt	6 l	„	*V* atü

Abb. 5. Arbeitsdiagramm des Hollasch-Kessels.

Man kann das Prinzip des Elektrodenkochkessels auch auf Kipptopfbatterien, Kartoffel-, Gemüse-, Viehfutterdämpfer, Warmwasserbereiter, Waschautomaten usw. anwenden. Kipptopfbatterien sind bereits hergestellt worden. Man kann sie einzeln oder auch in Gruppen mit einem Dampferzeuger versehen.

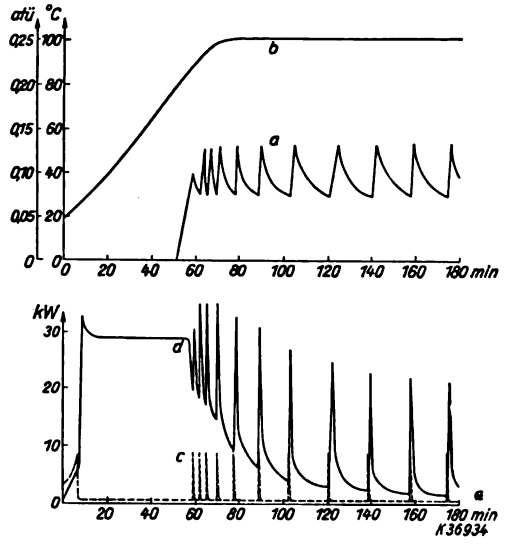
Die andere Elektrodenkochkessel-Bauart, die bekanntgeworden ist, stammt von Göddeen. Der Kessel ist an dieser Stelle schon eingehend beschrieben worden[3]), so daß hier nicht näher darauf eingegangen wird. Auch dieser Kessel arbeitet vollselbsttätig, wenn man die Elektrodenwassermenge richtig abgemessen und Höchst- und Niedrigstdampfdruck am Kontaktmanometer eingestellt hat. Der Kessel kann sich also dem jeweiligen Kochzweck anpassen. Denn man muß verschieden verfahren können, ob man dünn- oder dickflüssige Speisen kocht, ob man eindicken, sterilisieren oder dünsten will. Bei geschlossenem wie bei geöffnetem Deckel hält der Kessel eine einmal eingestellte Temperatur inne. Das ist natürlich wertvoll, da auf diese Weise nicht mehr Strom verbraucht wird, als unbedingt erforderlich ist.

Nach Angaben des Herstellers hat dieser Kessel einen Wirkungsgrad von 92 %. In bezug auf die Netzbelastung verhält sich der Kessel vorteilhaft, da er selbst in seinen größten Einheiten nicht plötzlich, wenn auch ziemlich schnell, jedoch stufenlos schaltet, also keine Stromstöße verursacht. Die Höhe, bis zu der die Stromaufnahme ansteigt, hängt von der Elektrodenwassermenge ab.

[3]) ETZ 57 (1936) H. 5, S. 116.

Digitized by Google

Die Arbeitsweise eines solchen Kessels von 200 l Inhalt zeigt das Diagramm[4]) Abb. 6. Die Stromaufnahme der Hilfselektroden bringt das Wasser rasch zum Kochen, noch bevor die Hauptelektroden nennenswert Strom aufnehmen. Sowie jedoch das Wasser in den Zwischenkessel gedrückt wird, steigt die Stromaufnahme der Hauptelektroden steil an, während die Hilfselektroden kaum noch nennenswert arbeiten. Infolge verminderten Wärmegefälles geht die Leistungsaufnahme zurück, während die



a Druck im Dampfraum
b Temperatur des Kochgutes im Innenkessel
c Leistungsaufnahme der Hilfselektroden
d Leistungsaufnahme der Hauptelektroden

Abb. 6. Arbeitsbild des Gödden-Kessels bei vollselbsttätiger Betriebsweise.

Temperatur des Kochguts gleichmäßig ansteigt. Nach etwa 50 min steigt auch der Druck. Der Dampfdruck schwankte zwischen 0,075 und 0,135 atü. Dadurch wurden die Hilfselektroden geschaltet, und die Leistungsaufnahme der Hauptelektroden schwankte entsprechend.

Zusammenfassend mag festgestellt werden, daß die Elektrodenkochkessel folgende Vorzüge besitzen:

1. Die umlaufende Wassermenge ist klein. Dadurch wird sie schnell erhitzt, Erwärmung unnützer Wassermassen wird erspart. Die Wirtschaftlichkeit ist dadurch wesentlich gebessert.
2. Der Dampf umspült die ganze Kesselwandung gleichmäßig.
3. Die Heizleistung kann fast beliebig gesteigert und damit die Ankochzeit sehr stark verkürzt werden.
4. Die Kessel können auch direkt mit Dampf aus einem Dampfkessel geheizt werden; oft steht solcher, mindestens zeitweise, billig zur Verfügung.
5. Die benötigte Energie wird stufenlos und ohne besondere Regeleinrichtungen selbsttätig geschaltet.
6. Bei Leergang des Kessels kann dieser nicht ausglühen.
7. Selbsttätige Anpassung der Regelung an den Kochvorgang.

Grill- und Spießbratapparat.

Grillen und Spießbraten ist zwar das älteste Verfahren, Nähr- und Geschmackswerte des Fleisches aufzuschließen, aber auch dasjenige, wofür die Geräte am wenigsten richtig ausgebildet wurden. Die trockene Hitze wird zum Überkrusten von Speisen benutzt. Beim Fleischrösten soll das Fleischstück schnell mit einer Kruste, die namentlich aus geronnenem Eiweiß besteht[5]), umgeben werden; sie kapselt das Innere ab und läßt Fett und Saft nicht heraus. Das ist nur möglich, wenn man das Grillgut allseitig mit Wärme umspült. Das bereitet bei elektrischer Heizung zwar keine Schwierigkeiten, wurde jedoch beim Grill stets nur unvollkommen benutzt. Im Spießbratapparat (Abb. 7) sorgt die Umdrehung der am Spieß steckenden Fleischstücke eher dafür, daß diese Bedingungen erfüllt werden.

Im Grillapparat liegt das Fleisch gewöhnlich auf einem in seiner Höhe verstellbaren Stabrost und wird entweder von unten oder von oben und von der Rückseite aus bestrahlt. Bestrahlung von unten hat man aufgegeben, weil dabei abtropfende Bestandteile verbrennen und Brandgeruch und -geschmack auf das Grillgut übertragen. Bestrahlung von oben läßt jedoch von der Fleischunterseite viel Inhalt abtropfen, ehe man durch Wenden auch unten eine überkrustete Seite schafft.

Die Mechanik des Spießbratapparates, Drehung und dabei Entfernungsveränderungen von der Heizquelle durch Anwendung eines Planetengetriebes oder ähnl., ist bereits bei den alten Heizungsarten entwickelt worden. Aber die Heizung selbst, die einzige hygienische für diesen Zweck, muß elektrisch sein, weil allein der elektrisch glühend gemachte Körper keine Verbrennungserzeugnisse entwickelt. Hinzu tritt die praktisch sonst unerreichbare Eigenschaft der genauen Dosierung und Regelung der Wärme.

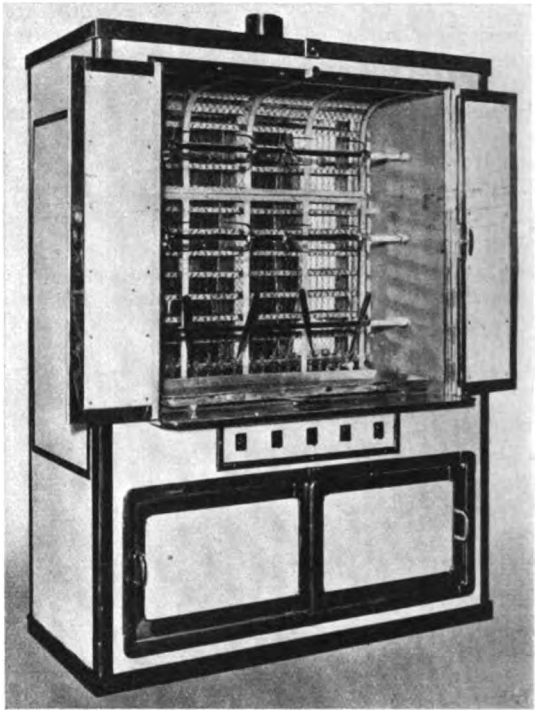


Abb. 7. Spießbratapparat.

Die technische Durchbildung der Heizung ist meist sehr einfach. Man benutzt Heizwendel vor Strahlblechen oder Wendel innerhalb keramischer Körper, die mitglühen. Auch fertige Freistrahl-Heizkörper hat man entwickelt, als Streifen veränderlicher Länge, die man nebeneinanderlegen und zu beliebig großen Strahlheizflächen vereinigen kann, oder als fertig montierte, gerahmte Grillheizkörper.

Die Anschlußwerte der Grills und Spießbratapparate sind ziemlich erheblich. Bei einigermaßen geräumigen Geräten kommen Werte von 8 bis 12 kW und mehr vor. Die Bemessung der Heizung dieser Einrichtungen ist noch ziemlich willkürlich. An ihnen ist noch viel systematische Arbeit zu leisten, ehe sie ihren Zweck vollkommen erfüllen können. Allerdings ist diese ganze Küchenzubereitungsart überhaupt noch sehr durchbildungsbedürftig, gerade auch von der kochtechnischen Seite her. Die Heizung kann aber gerade bei elektrischen Grills felderweise schaltbar eingerichtet werden, so daß man außer den auch hier üb-

[4]) AEG-Mitt. 1935, S. 396.
[5]) Ziegelmayer: Unsere Lebensmittel und ihre Veränderungen, Mit einer Darstellung der Lehre von der Kochwissenschaft, S. 38. Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopf 1933.

Digitized by Google

lichen drei Regelstufen noch weitere Regelungen erhält, mit denen man sich praktische Arbeitsweisen in der Küche ausprobt.

Elektrische Haushalt- und Großküche.

Während die elektrische Großküche aus technischen und betrieblichen Gründen zur Auflockerung ihrer Einrichtungen gekommen ist, könnte eine falsch verstandene Lehre zu der Annahme führen, daß auch die Haushaltküche so arbeiten müsse. Schon in der Großküche ist die Forderung nach Aufteilung nur eine bedingte. Nicht jede Küche ist so groß, daß sie eine vollkommene Aufteilung gestattet. Man wird dafür immer dasjenige wählen, was zweckentsprechend ist, so daß je nach den örtlichen Verhältnissen und je nach der Art der Gaststätte jede Küche ihre Eigenheiten besitzen wird.

Auch wird es viele Küchen geben, deren Betrieb nur noch eine geringe Aufspaltung erlaubt. In ihr wird der Herd wieder an Bedeutung gewinnen. Man wird nur ein oder ganz wenige Sondergeräte aufstellen. Der Brat- und Backofen wird vielleicht gar nicht mehr gesondert aufgestellt zu werden brauchen, sondern er wird wie im alten Kohleherd unter die Platten gebaut werden. Zwar ist es immer zweckmäßig, ihn gesondert aufzustellen. Nur wo es an Raum mangelt, wird sich hier der Unterbau rechtfertigen lassen. Denn einmal wird der Bratofen in kleineren gewerblichen Küchen nicht so oft benutzt, anderseits arbeiten in solcher Küche gewöhnlich nur ein oder höchstens zwei Personen an den Kochgeräten, so daß sie sich gegenseitig nicht stören, wenn Bratofen und Herdplatten gleichzeitig benutzt werden. In diesen kleinen Küchen treten auch alle die betrieblichen Besonderheiten nicht auf, die es sonst auch ratsam erscheinen lassen, Herd und Bratofen getrennt zu halten.

Im Haushalt vollends wird man gern ein einziges Gerät benutzen, auf dem alle Wärmeverfahren durchgeführt werden können. Sofern man also nicht genug Platz hat oder wenn es sich um ganz kleine Küchen handelt, die nur zwei oder drei Kochstellen auf dem Herd haben, wird man den Bratofen stets unterbauen. Die für die Trennung in der Großküche bestehenden Gesichtspunkte treten hier nicht in Erscheinung. Die Leitungsführung in einem kleinen Haushaltsherd ist nicht so verwickelt, die Gefährdung der Leitungen und der Schalter durch die Wärme nur gering, da der heiße Teil und der elektrische Teil durch die meist vorhandene Eisenmulde so gut getrennt sind, daß bauliche Gründe die räumliche Trennung der Geräte nicht mehr fordern; betriebliche erst recht nicht.

Der Haushaltsherd sieht also grundsätzlich anders aus, weil er nach andern Gesichtspunkten zu bauen ist als der Großherd, weil in ihm nur kleine Energien wirksam sind. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim Bratofen. Brat- und Backofen sind für den Haushalt dasselbe; man grillt sogar im Haushaltbratofen. In der Großküche hingegen wird, wie wir oben gesehen haben, in besonderem Grill oder Röster gegrillt, gratiniert usw. Selbst Brat- und Backofen werden in der Großküche getrennt, nicht nur aus gastronomischen Gründen, sondern weil der große Backofen an den Betrieb andere Anforderungen stellt als der Bratofen. Bei diesem braucht man höhere Muffeln, bei jenem nur solche niedriger Bauhöhe.

An diesem Beispiel erkennen wir besonders gut die großen Unterschiede, die im Betrieb der Haushalts- und der Großküche herrschen. Deshalb müssen auch die baulichen Fragen in beiden gesondert behandelt werden. Es bewahrheitet sich auch in der Küche wieder die alte immer noch nicht durchgedrungene Erfahrung, daß der Großhaushalt des Hotels, der Anstalt, der Gaststätte nicht nur ein vergrößerter Familienhaushalt ist, sondern etwas besonderes, gleichwie sich der handwerkliche Kleinbetrieb vom Fabrikbetrieb ganz wesentlich unterscheidet.

Zusammenfassung.

Die Einführung der Elektrizität in den Großküchenbetrieb macht es möglich, die Koch- und Bratarbeiten usw. auf einzelne Geräte zu verteilen. Hierdurch wird ein höherer Wirkungsgrad durch die Sonderbauarten der einzelnen Geräte erreicht. Für die Haushaltküche sind andere Gesichtspunkte maßgebend.

Ein Überblick über die Bedeutung und die Bauarten elektrischer Haushalt-Kühlschränke.

Von **K. Backhaus** VDE und **K. Heine** VDE, Hannover.

621. 364. 5 : 621. 57 : 641. 4

Übersicht. An eine allgemeine Betrachtung des elektrischen Kühlens und seiner Vorteile schließt sich eine Beschreibung der heute in Deutschland gebräuchlichen Bauarten von Kühlschränken.

Durch den im Laufe dieses Jahres von der Reichsregierung in die Wege geleiteten „Kampf dem Schaden" ist zum erstenmal die gesamte öffentliche Aufmerksamkeit auf den ungeheuren Wert von etwa 1,5 Milliarden RM gelenkt worden, der alljährlich dem deutschen Volksvermögen dadurch verloren geht, daß Lebensmittel und andere leicht verderbliche Waren nicht sachgemäß gelagert werden. Ein großer Teil dieses Wertes geht im Haushalt verloren und könnte gerettet werden, wenn die deutsche Hausfrau alle die Mittel anwenden würde, die die heutige Technik und Wissenschaft ihr zur Verfügung stellen.

Als wichtigste Mittel gegen das Verderben von Lebensmitteln sind Trockenheit und Kälte zu nennen, da hierdurch das Wachstum der kleinsten Lebewesen, Schimmelpilze, Bakterien usw., die das Verderben verursachen, außerordentlich gehemmt wird. Früher hat man die Lebensmittel in entsprechenden Kühlräumen und Kellern gelagert. Derartige Räume stehen der Hausfrau in der Stadt heutzutage nur noch selten zur Verfügung, oder es ist mit großer Unbequemlichkeit verbunden, sie zu erreichen. Daher hat man als Ersatz gut isolierte Schränke aufgestellt, bei denen mit Hilfe von eingelegtem Eis tiefere Temperaturen erreicht werden. Bei diesen Eisschränken stellt sich jedoch häufig der Übelstand heraus, daß der Feuchtigkeitsgehalt der gekühlten Luft zu hoch liegt; vor allem läßt aber die Sauberkeit des Betriebes zu wünschen übrig, und es besteht ferner der Nachteil, daß man stets vom Eislieferer abhängig ist.

Wegen der angeführten Nachteile der gewöhnlichen Eisschränke sind in den letzten Jahren elektrische Kühlschränke geschaffen worden. Diese Kühlschränke arbeiten entweder nach dem Kompressions- oder nach dem Absorptionsverfahren. Wenn man die Vorzüge kennt, die der Besitz eines solchen Kühlschrankes mit sich bringt, ist man überrascht, daß bisher nur wenige derartige Geräte in Deutschland in Betrieb genommen worden sind. Nach Untersuchungen von Braun[1]) waren Ende 1934 etwa 30 000 Kühlschränke in deutschen Haushaltungen vorhanden. Ende 1935 dürfte die Zahl etwa 50 000 betragen haben. Im Verhältnis zu den 17 Mill deutschen Haushaltungen ergibt diese Zahl nur 0,3 %, fällt also überhaupt nicht ins Gewicht. In Amerika sind heute 25 bis 30 % aller Haushaltungen mit elektrischen Kühlschränken versehen, und

[1]) Braun, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 254.

Digitized by Google

selbst in den nordischen Ländern ist der elektrische Kühlschrank mehr verbreitet als in Deutschland. Es muß sich demnach bei uns der Kühschrankabsatz durch Werbung noch wesentlich steigern lassen.

Eine größere Verbreitung der Kühlschränke ist nicht nur mit Rücksicht auf die Schadenverhütung anzustreben, sondern liegt auch sehr im Interesse der Elektrizitätswerke. Die Betriebszeit der Kühlschränke, die hauptsächlich in den Sommer fällt, erstreckt sich in der Regel auf wenigstens 7 bis 8 Monate im Jahr. Rechnet man nun bei einem für einen mittelgroßen Haushalt ausreichenden Kühlschrank mit einem Energieverbrauch von etwa 1 bzw. 3 kWh täglich, je nachdem, ob es sich um einen Kompressions- oder Absorptionskühlschrank handelt, so ergibt sich ein jährlicher Verbrauch von 250 bzw. 700 kWh. Der elektrische Kühlschrank trägt also nicht unwesentlich zur Erhöhung des Verbrauchs an elektrischer Energie bei; anderseits ist er den Elektrizitätswerken sehr erwünscht, da er mithilft, den bislang im Sommer geringeren Elektrizitätsverbrauch zu steigern. Ein weiterer Vorteil besteht für die Elektrizitätswerke darin, daß bei den periodisch arbeitenden Schränken der Betrieb in die Zeit geringer Netzbelastung verlegt werden kann. So legt man z. B. bei einem Dreiperiodenbetrieb zwei Perioden in die Nacht und die dritte in die Mittagszeit, wobei eine geringe Belastung des Netzes in der Mittagszeit vorausgesetzt ist. Für solche Absorptionsschränke gewähren heute schon viele Werke Nachtstromtarife, während sie für Kompressions- und kontinuierlich arbeitende Absorptionsschränke, deren Energieverbrauch sich über den ganzen Tag erstreckt, häufig Kochstrom- oder Haushalttarife zugrunde legen. Wenn auch die periodisch arbeitenden Absorptionsschränke den günstigeren Nachtstromtarif ausnutzen können, so muß jedoch beachtet werden, daß sie bei gleicher Schrankgröße und gleicher Ausführung der Isolierung einen erheblich höheren Energieverbrauch als die Kompressionsschränke haben, was thermodynamisch begründet ist. Jedenfalls sind schon heute die laufenden Betriebskosten für den elektrischen Kühlschrank geringer als beim gewöhnlichen Eisschrank, wenn die erwähnten Tarife gewährt werden. Die Anschaffungskosten liegen dagegen beim elektrischen Kühlschrank höher als beim Eisschrank, jedoch nach der Preissenkung der letzten Zeit nur noch so hoch, daß die Anschaffung schon weiteren Kreisen ermöglicht ist.

Wegen der Bedeutung der elektrischen Kühlschränke für die Benutzer und für die Elektrizitätswerke dürfte es zweckmäßig sein, im folgenden einen kurzen Überblick über den Bau der eigentlichen Schränke und die verschiedenen Einrichtungen zur Kälteerzeugung zu geben. Dabei sollen nur die von deutschen Firmen gebauten Schränke berücksichtigt werden.

Das äußere Schrankgehäuse aus Holz oder neuerdings fast ausschließlich aus weißlackiertem Eisenblech umgibt die etwa 3 bis 15 cm starke Wärmeschutzschicht. Sie besteht meistens aus imprägnierten und expandierten Korksteinplatten, die sich durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit und geringe Feuchtigkeitsaufnahme auszeichnen. Die innere Muffel ist ausschließlich aus Eisenblech. Obwohl sich als Rostschutz, der für den Kühlschrank ungeheuer wichtig ist, eine Verzinkung als ausreichend erwiesen hat, wird doch heute allgemein wegen des besseren Aussehens und der leichteren Reinigungsmöglichkeit weiße Emaillierung vorgezogen. Da der Kühlschrank häufig und gründlich gereinigt werden muß, damit die in ihm aufbewahrten Lebensmittel nicht trotz der Kühlung leicht verderben, ist auch bei der Konstruktion darauf Rücksicht genommen, daß sämtliche Kanten und Ecken gut ausgerundet sind, so daß sich nirgends Schmutz halten kann. Der Kühlraum der Schränke wird verschieden groß gewählt, die gangbarste Größe dürfte wohl 60 bis 80 l sein.

Der Verdampfer, in dem durch die Verdampfung des Kältemittels Kälte erzeugt wird, ist oben im Schrank und zwar meistens seitlich angeordnet. Hierdurch wird eine ziemlich kräftige Konvektionsströmung der Luft im Schrank erreicht. Diese bedingt eine schnellere Abkühlung und schnellere Feuchtigkeitsabgabe des Kühlgutes als eine schwächere Strömung. Die im Schrank je nach seiner Form und der Anordnung des Verdampfers auftretenden örtlichen Temperaturunterschiede betragen bis etwa 5 ° und können ausgenutzt werden, wenn man gleichzeitig einige Lebensmittel stärker als andere kühlen will. Unter dem Verdampfer herrscht die niedrigste Temperatur, während die Temperatur neben dem Verdampfer am höchsten ist. Die Verdampfungstemperatur liegt bei den Schränken zwischen — 5 und — 10°. Die Schranktemperatur soll übrigens 10 ° nicht übersteigen, da sonst das Bakterienwachstum so stark zunimmt, daß schon in kurzer Zeit die Lebensmittel verderben. Der Verdampfungskörper ist meistens zur Aufnahme einiger Eisschalen eingerichtet, um Eiswürfel zur Kühlung von Getränken oder Speiseeis herstellen zu können. Er befindet sich entweder unmittelbar im Kühlraum oder ist von einem Behälter mit einer Salz- oder zuweilen auch anderen Lösung umgeben, die infolge ihrer Kältespeicherwirkung geringere zeitliche Temperaturunterschiede im Schrank ergeben soll.

Die größte Zahl der elektrischen Kühlschränke arbeitet nach dem Kompressionsverfahren. Beim Kompressionsschrank saugt der von einem Elektromotor angetriebene Kompressor das dampfförmige Kältemittel aus dem Verdampfer an und verdichtet es bis zu einem solchen Druck, daß im Kondensator seine Verflüssigung erfolgen kann. Das flüssige Kältemittel strömt aus dem Kondensator durch das Druckreduzierventil zurück in den Verdampfer. Hier verdampft es, indem es dem Innern des Schrankes Wärme entzieht. Das Kältemittel beginnt dann seinen Kreislauf von neuem. Der Kondensator wird meistens mit Luft-, seltener mit Wasserkühlung versehen, um die bei der Kondensation des Kältemittels freiwerdende Wärme abzuführen. Bei den luftgekühlten Kondensatoren ist in den meisten Fällen ein Lüfter vorgesehen, damit die Oberfläche des Kondensators kleiner gehalten werden kann. Da der Druck sowohl im Kondensator als auch im Verdampfer schwanken kann, muß sich das Reduzierventil selbsttätig einstellen, entweder in Abhängigkeit vom Verdampferdruck oder von der Menge des flüssigen Kältemittels im Verdampfer. Um eine möglichst unveränderliche Schranktemperatur zu erreichen, werden Regler eingebaut, die meistens in Abhängigkeit von der Verdampfertemperatur oder dem Verdampferdruck arbeiten.

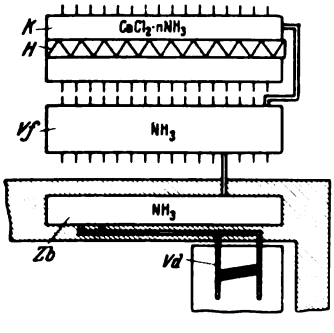
Als Kältemittel dient hauptsächlich Schwefeldioxyd (SO_2), das sich infolge seines relativ niedrigen Dampfdruckes sehr gut eignet, zumal es die mineralischen Öle, die zur Schmierung des Kompressors verwendet werden, nicht angreift. Eine Firma verwendet Chlormethyl (CH_3Cl), eine andere Chloräthyl (C_2H_5Cl) als Kältemittel. Im letzten Falle wird Glyzerin als Schmiermittel für den Kompressor benutzt, da sich mineralische Öle in Chloräthyl auflösen. Chloräthyl wurde gewählt, weil sein Dampfdruck noch geringer ist als der des Schwefeldioxyds. Der Kolbenkompressor erzeugt hierbei auf der Saugseite einen Unterdruck von 0,3 bis 0,4 at und auf der Druckseite einen Überdruck von höchstens 1,5 at. Bei diesen geringen Drücken bereitet die Konstruktion der Dichtungen am Kompressor keine Schwierigkeiten.

Einige Firmen, die SO_2 verwenden, haben, um den Schwierigkeiten mit der Stopfbüchse aus dem Wege zu gehen, den ganzen Kühlsatz, also auch den Motor, in einem gußeisernen Behälter eingeschlossen und verschweißt, damit keine beweglichen Teile aus demselben herausragen und keine Dichtungen erforderlich sind. Hierbei muß natürlich darauf geachtet werden, daß die Isolation des Motors dem Angriff des Kältemittels standhält, daß das für die Schmierung erforderliche Öl bereits vorher in die Lager eingefüllt worden ist und daß die Schmierung zwangsläufig erfolgt, um ein Versagen des Gerätes mit Sicherheit zu verhindern. Reparaturen können natürlich nur in der Fabrik vorgenommen werden. Aus diesem Grunde haben andere Firmen die konstruktiven Schwierigkeiten, die der Bau der Stopfbüchse mit sich bringt, in

Digitized by Google

Kauf genommen und den Motor außerhalb angeordnet. Zwei Firmen haben den Kompressor als Umlaufkompressor ausgebildet, während die anderen alle Kolbenkompressoren verwenden. Bei sämtlichen Firmen ist der allergrößte Wert darauf gelegt worden, die Geräuschbildung, die durch das Anlaufen des Motors entsteht und von den Hausfrauen meist als sehr störend empfunden wird, weitgehend durch elastische Lagerung des Satzes oder durch Federaufhängung des Motors und Kompressors zu unterdrücken. Zwei Firmen haben aus diesem Grunde auch den Kühlsatz nicht wie sonst üblich oben auf dem Schrank, sondern unter dem Kühlraum angebracht. Außerdem wird hierdurch noch der Vorteil erzielt, daß der Kühlraum etwas höher liegt, also bequemer bedient werden kann. Allerdings erfordert diese Verbesserung eine geringe Verteuerung, da die Kühlflüssigkeit nunmehr durch Rohrleitungen in den oberen Teil des Schrankes geleitet werden muß.

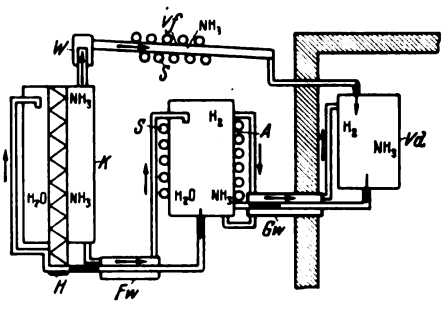
Zur Kühlung der Schränke kann auch das Absorptionsverfahren dienen. Die Absorptionsschränke, deren Hauptvorteil gegenüber den Kompressionsschränken darin liegt, daß sie im allgemeinen keinerlei bewegte Teile besitzen, arbeiten periodisch oder kontinuierlich. Beim periodisch arbeitenden Schrank, welcher Wasser als Absorptionsstoff und Ammoniak (NH_3) als Kältemittel verwendet, wird durch elektrische Heizung das Ammoniak aus der wässerigen Ammoniaklösung im Kocher ausgetrieben. Das dampfförmige Ammoniak wird anschließend im Kondensator verflüssigt, und das flüssige Ammoniak fließt dann in den Verdampfer. Nachdem sich genügend Ammoniak im Verdampfer angesammelt hat, wird die Heizung des Kochers unterbrochen. Durch die dann erfolgende Abkühlung des Kochers und die dadurch bewirkte Druckabnahme kann das im Verdampfer befindliche Ammoniak wieder verdampfen und vom Wasser im Kocher (Absorber) absorbiert werden. Wenn alles Ammoniak verdampft ist, findet die Heizperiode von neuem statt. Es folgt also stets auf eine Heizperiode eine längere Kühlperiode. Da in der Heizperiode der Kondensator und in der Kühlperiode der Absorber mit Wasser — Luftkühlung kommt wegen der thermischen Eigenschaften des Systems Wasser—Ammoniak nicht in Betracht — gekühlt werden muß, tritt die Schwierigkeit der Umleitung des Kühlwassers nach jeder Periode auf.



H Heizkörper
K Kocher-Absorber
Vf Kondensator
Vd Verdampferschlange
Zb Zwischenbehälter

Abb. 1. Schema der Kühleinrichtung eines periodisch arbeitenden Absorptionsschrankes (Chlorkalzium—Ammoniak).

Mit Wasserammoniak arbeiten auf diese Weise, jedoch nicht vollkommen selbsttätig, die Schränke dreier Firmen. Periodisch und selbsttätig ist dagegen die Arbeitsweise des Absorptionsschrankes, der an Stelle des Wassers den festen Absorptionsstoff Chlorkalzium ($CaCl_2$) verwendet und dessen Kondensator und Absorber luftgekühlt sind. Solche Schränke bauen zwei Firmen in verschiedenen Größen. Ihre Kühleinrichtung ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Daraus geht hervor, daß das flüssige Ammoniak aus dem Kondensator zunächst in einen in der Wärmeschutzschicht des Schrankes liegenden Zwischenbehälter tropft, so daß es die Schranktemperatur während der Heizperiode möglichst wenig erhöht. Nach Beginn der Kühlperiode verdampft erst etwas Ammoniak aus dem Zwischenbehälter, der dadurch gekühlt wird, und dann beginnt die Verdampfung in der mit einem Solespeicher umgebenen Verdampferschlange. Es wird z. B. beim Dreiperiodenbetrieb alle 8 Std. die elektrische Heizung für 1½ Std. durch eine Schaltuhr eingeschaltet. Während der Heizperiode dient der Solespeicher zur Kälteabgabe, wodurch die Schwankungen der Schranktemperatur gering bleiben. Die Heizleistung kann mittels eines Schalters auf drei verschiedene Stufen eingestellt werden. Auf diese Weise läßt sich die Kälteerzeugung der Temperatur der Umgebung des Schrankes anpassen.



A Absorber
Fw Flüssigkeits-Wärmeaustauscher
Gw Gas-Wärmeaustauscher
H Heizkörper
K Kocher
S Kühlwasserschlange
Vd Verdampfer
Vf Kondensator
W Wasserabscheider

Abb. 2. Schema der Kühleinrichtung eines kontinuierlich arbeitenden Absorptionsschrankes (Ammoniak—Wasser).

Bei den kontinuierlich und selbsttätig arbeitenden Absorptionsschränken dient Ammoniak als Kältemittel und Wasser als Absorptionsstoff. Abb. 2 zeigt schematisch den Bau der Kühleinrichtung, deren Wirkungsweise folgende ist. In dem elektrisch geheizten Kocher *K* wird aus dem Ammoniak-Wasser-Gemisch gasförmiges Ammoniak ausgetrieben. Das gasförmige Ammoniak strömt durch den Wasserabscheider *W* und dann in den mit Wasserkühlung versehenen Kondensator *Vf*. Nachdem das Ammoniak im Kondensator verflüssigt worden ist, tropft es in den Verdampfer *Vd*, der Wasserstoffgas enthält. Da der Wasserstoff einen Teil des Gesamtdrucks der Einrichtung aufnimmt, verdampft das Ammoniak wieder im Verdampfer, wobei es dem Innern des Schrankes Wärme entzieht. Das Gasgemisch Ammoniak—Wasserstoff strömt in den wassergekühlten Absorber *A*, nachdem es im Wärmeaustauscher *Gw* durch rückströmenden Wasserstoff erwärmt worden ist. Im Absorber wird das Ammoniakgas von ammoniakarmem Wasser absorbiert, das aus dem Kocher kommend hier von oben herunterrieselt, während der Wasserstoff durch den Wärmeaustauscher in den Verdampfer zurückströmt. Die bei der Absorption entstehende Wärme nimmt das Kühlwasser auf. Das gebildete Ammoniak-Wasser-Gemisch verläßt unten den Absorber und fließt durch den Wärmeaustauscher *Fw*, in dem es durch das vom Kocher kommende ammoniakarme Wasser vorgewärmt wird, nach dem Kocher. Dem Kocher wird es durch ein Steigrohr oben zugeleitet, indem im unten geheizten Steigrohr Ammoniakbläschen entwickelt werden, welche beim Aufsteigen die Flüssigkeit mitreißen. Ammoniak, Wasser und Wasserstoff führen also drei verschiedene, durch Dichte- und Höhenunterschiede hervorgerufene Kreisläufe aus.

Die größeren Schränke dieser Art arbeiten stets mit Wasserkühlung und sind mit einem Temperaturregler ausgerüstet, der gleichzeitig die elektrische Heizung und das Kühlwasser selbsttätig ein- bzw. abschaltet, wenn die gewünschte Schranktemperatur über- bzw. unterschritten wird. Die gleiche Firma, die den eben beschriebenen Schrank herstellt, baut auch einen kleinen Absorptionsschrank mit Luftkühlung und ohne Regler. Die Wirkungsweise der Kühleinrichtung ist hierbei die gleiche wie die der größeren Schränke. Die elektrische Heizung und damit die Kälteerzeugung ist bei dem kleinen Schrank durch einen Schalter in drei Stufen von Hand regelbar.

Zum Schluß sei darauf hingewiesen, daß ein wirtschaftlicher Vergleich der Kompressions- und Absorptionsschränke Schwierigkeiten bereitet. Zur Ermittlung der gesamten Betriebskosten, die besonders der Käufer eines Schrankes wissen möchte, sind außer dem Elektrizitäts- und gegebenenfalls Kühlwasserverbrauch — die Schränke

Digitized by Google

mit Wasserkühlung finden heutzutage immer weniger Anwendung im Haushalt — noch die Anschaffungskosten, die Abschreibung und Unterhaltungskosten zu berücksichtigen. Da der Absorptionsschrank keine beweglichen Teile hat, ist seine Lebensdauer größer; eigentliche Ausbesserungen werden an seiner Kühleinrichtung nicht notwendig. Infolgedessen sind jedenfalls für Abschreibung und Unterhaltung beim Absorptionsschrank geringere Beträge in Rechnung zu setzen als beim Kompressionsschrank. Die Bestimmung des Elektrizitätsverbrauchs ist übrigens auch nicht ganz einfach durchzuführen, wenn es sich darum handelt, einwandfreie Vergleichszahlen für verschiedene Schränke zu finden. Im Rahmen dieser Ausführungen kann darauf nicht eingegangen, sondern es muß auf die Arbeiten von Tamm[2]) und Ortloff[3]) verwiesen werden.

Zusammenfassung.

Die Lagerung von Kühlgütern in Kellern, Kühlräumen und gewöhnlichen Eisschränken ist für den Haushalt schwierig oder bedingt Nachteile. Das geeignete Hilfsmittel ist der elektrische Kühlschrank, der in Deutschland noch recht ungenügend verbreitet ist und dessen weitere Verbreitung den Elektrizitätsverbrauch vorteilhaft beeinflußt. — Der Aufbau des eigentlichen Schrankes wird geschildert und Bau- und Wirkungsweise der elektrischen Kühleinrichtungen von Kompressionsschränken sowie periodisch und kontinuierlich arbeitenden Absorptionsschränken werden beschrieben. Den Abschluß bilden Bemerkungen zum wirtschaftlichen Vergleich der Typen.

[2]) Tamm, Z. ges. Kälteind. (1931) S. 113 u. 135.
[3]) Ortloff, Mitt. Forschungsinst. Elektrowärmetechn. T. H. Hannover (1936) H. 16.

Prüfanlagen und -verfahren für Elektrowärmegeräte in der VDE-Prüfstelle.

Von **Leo Weis VDE**, Berlin.

621. 364. 5. 001. 4

Wie für alle VDE-Bestimmungen, die in letzter Zeit neubearbeitet wurden, war auch für die Vorschriften für Elektrowärmegeräte der Grundsatz maßgebend, einengende Konstruktionsbestimmungen nach Möglichkeit auszumerzen und durch Prüfbestimmungen zu ersetzen. Diese Prüfbestimmungen müssen zur Erreichung ihres Zweckes zwei Aufgaben erfüllen: erstens in ihrer Auswirkung den im praktischen Gebrauch auftretenden Beanspruchungen unter Einschluß eines genügenden Sicherheitsfaktors möglichst gerecht werden und zweitens ein möglichst genaues Bild der elektrischen Sicherheit, z. B. Isolationsfähigkeit, Feuchtigkeitssicherheit usw. bieten. Weiterhin ist die Forderung nach einer gewissen Einfachheit der Messung, Meßschaltung und Meßapparatur zu erheben, da nur hierdurch die Gewähr der Durchführung der verlangten Messungen auch bei solchen Firmen gegeben sein kann, denen die Einrichtung und ständige Benutzung eines großen Prüffeldes nicht möglich ist. Im Interesse der allgemeinen Einführung der VDE-Bestimmungen ist mit Rücksicht auf die vielen kleinen Firmen dieser Gesichtspunkt von besonderer Wichtigkeit.

In dem neuen Entwurf der Vorschriften für Elektrowärmegeräte haben die Prüfbestimmungen unter Beibehaltung obiger Gesichtspunkte durchgreifende Änderungen und Erweiterungen erfahren. Natürlich konnte man sich nicht in allen Fällen den obigen Forderungen völlig angleichen, die Ursache liegt meist in der Eigenart und Vielseitigkeit der Elektrowärmegeräte und ihrer Verwendung. In jedem Falle jedoch wurde durch umfangreiche Versuche in den verschiedensten Stellen durch Verwertung der dort bisher gewonnenen Erfahrungen die Durchführbarkeit und Zweckmäßigkeit der aufgestellten Anforderungen und Verfahren festgestellt. In erster Linie war an diesen Arbeiten auch die Prüfstelle des VDE beteiligt.

In den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und Heizeinrichtungen V.E.Hz. 1925" waren nur wenige elektrische Prüfbestimmungen enthalten. Daher konnten die Erfahrungen nach diesen Vorschriften kaum verwertet werden. Durch die Mehrzahl der Prüfbestimmungen nach den „Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde V.W.G." (VDE 0720/1933) und der großen Zahl und Verschiedenheit der nach diesen Bestimmungen untersuchten Geräte konnten jedoch viele Erfahrungen für die Aufstellung der Prüfbestimmungen und den Ausbau der Prüfanlagen und -verfahren selbst gewonnen werden. Begünstigt wurde dies noch durch die Neueinrichtung des Laboratoriums beim Einzug in das VDE-Haus, die zeitlich fast mit der Veröffentlichung von VDE 0720/1933 zusammenfiel.

Bei der Einrichtung des Prüffeldes waren u. a. folgende Gesichtspunkte maßgebend, die besonders auch für die Prüfung von Elektrowärmegeräten wichtig sind: Übersichtlichkeit der Anlage, vielseitige Verwendungsmöglichkeit nach Zahl, Spannung und Stromart der zu untersuchenden Geräte, schnelle und genaue Durchführbarkeit der einzelnen Messungen, Unabhängigkeit bei der Prüfung durch Einbau von Schaltrelais, Schaltuhren usw. Die Mehrzahl der zuletzt genannten Einrichtungen ist in den einzelnen Prüftischen fest eingebaut, ein Teil jedoch ist ortsveränderlich und kann nach Bedarf an verschiedenen Stellen benutzt werden.

Vor Eingehen auf Einzelheiten sei noch ein allgemeiner Überblick über die Einrichtung des Laboratoriums der Prüfstelle gegeben. Als Stromquellen stehen zur Verfügung: 5 Gleichstromgeneratoren, zum Teil parallel- und hintereinanderschaltbar, und eine Batterie, für Wechselstrom 7 Transformatoren, davon 3 parallelschaltbar, für Drehstrom ein besonderer Transformator. Außerdem können 3 Wechselstromtransformatoren in Stern oder Dreieck als Drehstromerzeuger zusammengeschaltet werden. Alle Stromquellen sind in einer großen Schalttafel in ein Linienwählersystem (Stöpselsystem) geführt, das die Verbindung der einzelnen Arbeitstische mit jeder gewünschten Stromart und Spannung ermöglicht. Die Spannung wird zunächst grob am Stromerzeuger selbst und am Prüftisch durch Widerstand fein geregelt. In jedem Stromkreis liegt ein umschaltbarer Strommesser 0 bis 5 A, 0 bis 30 A, sowie ein Spannungsmesser 0 bis 400 V; eine eingebaute Steckvorrichtung dient zum Anschluß des Leistungsmessers, der durch die Betätigung eines Schalters, der im ausgeschalteten Zustand die Stromspule des Leistungsmessers kurzschließt, in den Stromkreis eingelegt wird. Jeder Stromkreis besitzt sechs zweipolige Steckdosen und die gleiche Anzahl Anschlußklemmen für Zuleitungen ohne Stecker.

Für die Prüfung von Elektrowärmegeräten stehen im allgemeinen 2 Arbeitstische mit je 4 Stromkreisen zur Verfügung, so daß gleichzeitig mindestens je 6 Geräte in 8 verschiedenen Nennspannungen untersucht werden können. Ein Prüftisch ist in der Nähe des Wasseranschlusses aufgebaut und für die Prüfung solcher Geräte, die gebrauchsmäßig mit Flüssigkeit in Berührung kommen (Wasserkocher, Tauchsieder usw.) eingerichtet. Für die Prüfung von Durchlauferhitzern und Heißwasserspeichern sind besondere Wasserleitungsanschlüsse vorgesehen; Bratpfannen werden, um Geruchsbelästigung zu vermeiden, in einem geschlossenen Raum mit besonderem Abzug geprüft, der jedoch die ständige Beobachtung der Prüflinge gestattet.

Vor der Durchführung der Überlastungsprüfung wird die Leistungsaufnahme der einzelnen Geräte mit Leistungsmesser festgestellt, nach Kurzschließen der Stromspule und Einstellen der Überspannung werden Be-

Digitized by Google

lastungsart und -zeit den Bestimmungen entsprechend durchgeführt. Die genaue Einhaltung der einzelnen Belastungszeiten wird durch eine Schaltuhr erreicht, die in 3 Stromkreise gleichzeitig eingelegt werden kann und eine Einstellung von 5 zu 5 min gestattet. Die Uhr wird durch Synchronmotor angetrieben und besitzt eine genügende Gangreserve, so daß eine Unterbrechung der laufenden Prüfung nicht zu erwarten ist. Die Schaltuhr ermöglicht auch die durchgehende Prüfung von Geräten mit häufigen Überlastungsspielen, wie z. B. Bügeleisen und Kochplatten, sowie die genaue Einhaltung der kurzzeitigen Spiele bei Dauerwellgeräten und verkürzt dadurch die gesamte Prüfdauer ganz erheblich. Bei Geräten für Flüssigkeitserhitzung ist trotzdem eine ständige Überwachung wegen der Gefahr des Durchbrennens erforderlich.

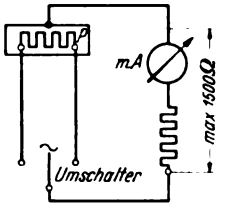


Abb. 1. Warmmessung.

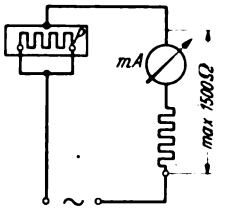


Abb. 2. Feuchtmessung.

Die Messung des Übergangsstromes wird nach dem sogenannten VDE-WEV-Verfahren durchgeführt (Abb. 1 und 2). Der Prüfling *P* ist isoliert aufgestellt, gemessen wird im warmen Zustand durch Umlegen des Schalters der zwischen beiden Polen der Wechselstromquelle und dem Gehäuse des Gerätes fließende Strom, gewertet wird der jeweils größte Ausschlag. Bei der Messung im kalten (feuchten) Zustande wird die Spannung zwischen den kurzgeschlossenen Heizleiter und das Gehäuse gelegt und der gesamte Isolationsstrom gemessen. Zur Messung stehen Strommesser mit verschiedenen Meßbereichen zur Verfügung. Eine einfache Schalteinrichtung, die sich bei den zahlreichen nach dieser Richtung durchgeführten Vergleichsversuchen durchaus bewährte, ermöglicht schnelles Umschalten auf Warm- und Kaltmessung (Abb. 3). Bei Warmmessung wird der Prüfling an Steckdose *a* angeschlossen, der Schalter *U* kann an beide Pole gelegt werden. Bei Kaltmessung liegt der Prüfling an Steckdose *b*, Schalter *U* ist nach rechts gelegt.

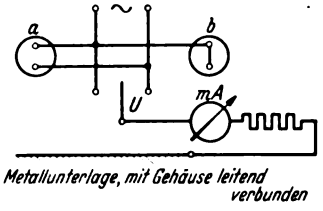


Abb. 3. Schalteinrichtung für Warm- und Feuchtmessung.

Für die Feuchtlagerung der Prüflinge ist ein besonderer Feuchtraum vorhanden, der durch seine Größe auch das Einbringen großer Prüflinge ermöglicht. Er besteht aus einem Kasten aus Sperrholz mit einer etwa 6 cm starken wärmeisolierenden Wandung, innen mit Zinkblech ausgeschlagen. Gelagert wird bei einer Luftfeuchtigkeit von rd. 98% und einer Raumtemperatur von etwa 30 °. Die Luftfeuchtigkeit wird durch hygrometergesteuerte Wasserverdampfung mit parallel geschaltetem Lüfter, die Temperatur durch drei mittels Temperaturregler gesteuerte Heizkörper konstant gehalten; die Anlage ist so bemessen, daß die beim Beschicken auftretenden Verluste innerhalb kurzer Zeit ausgeglichen sind; zur Vermeidung der zu Ungenauigkeiten in der Messung führenden Kondenswasserbildung werden die Prüflinge vor dem Einlegen in einem festangegliederten Vorwärmeraum auf rd. 35 ° erwärmt.

Für die Hochspannungsprüfung dient ein Transformator 220/500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500 V, 3 kVA. Die Spannung wird hochspannungsseitig gemessen, die Regelung erfolgt durch Spannungsteiler auf der Primärseite. Hochspannungsseitig ist eine Anordnung von Glühlampenwiderständen getroffen, durch die der bei der Hochspannungsprüfung zwischen Heizleiter und Gehäuse fließende Isolationsstrom gemessen werden kann. Für ungefähre Messungen ist in den Meßstromkreis eine Glimmlampe eingefügt, deren Zündspannung bei den einzelnen Widerstandsanzapfungen die Größe des Stromes angibt, für genaue Messungen wird an Stelle der Glimmlampe ein Milliamperemeter eingelegt. Durch die in den Feuchtraum geführten Hochspannungsleitungen kann an den dort lagernden Geräten die Hochspannungsprüfung durchgeführt werden, eine für Feuchtlagerungsversuche wichtige Einrichtung, da hierdurch jede Veränderung der Prüflinge wie Austrocknen usw. vermieden wird. Zur Vermeidung von Unfällen ist jeder Zugang zur Hochspannung niederspannungsseitig blockiert.

Die Temperaturen werden mit Pyrometer und Kupfer-Konstantan-Elementen von 0,5 mm Dmr. gemessen. Die Elemente ermöglichen durch ihre Biegsamkeit das Einbringen auch an schwer zugänglichen Meßstellen, wie Aderverzweigung, Anschlußstellen usw. Um die Temperatur z. B. an der Sohle des Bügeleisens oder im Luftraum-Schwerpunkt des Bratofens auf einem bestimmten

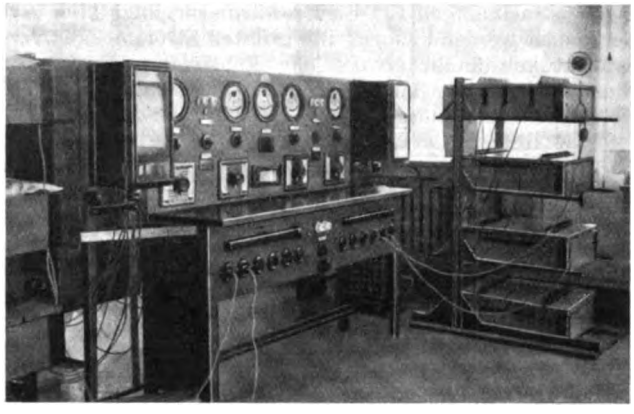


Abb. 4. Prüftisch für Heizkissen.

Wert zu halten, wird entweder die zugeführte Leistung geregelt oder aber durch einen Temperaturregler der Strom ein- bzw. ausgeschaltet. Für die Temperaturmessungen an Heizkissen steht ein besonderer Arbeitstisch (Abb. 4) mit 2 Stromkreisen für je 4 Heizkissen zur Verfügung. Die vorgeschriebenen umfangreichen Temperaturmessungen, insbesondere auch die Vergleichsmessungen bei ganzer und teilweiser Abdeckung sowie die Versuche bei der Aufstellung der neuen Heizkissenvorschriften bedingten bei der VDE-Prüfstelle das Vorhandensein selbsttätiger, schreibender Meßeinrichtungen. In jedem Stromkreis ist ein Sechsfarbenschreiber mit Widerstandsthermometern vorhanden, die mit der vorgeschriebenen 40 cm² großen Meßfläche verbunden sind. Die Schreiber sind für zwei Meßbereiche 40 bis 140 ° und 50 bis 250 ° eingerichtet, der Papiervorschub beträgt 60 mm/h, die Punktfolge je Meßstelle 1 min, sie kann jedoch durch Zusammenschalten verschiedener Meßstellen verkleinert werden, so daß stets gut lesbare Kurven aufgenommen werden können. Mit den beiden Temperaturschreibern können bei der Belastungsprüfung gleichzeitig 4 Heizkissen geprüft werden; falls die gleichzeitige Prüfung einer größeren Anzahl erforderlich wird, stehen unabhängig noch 24 Widerstandsthermometer mit einem Kreuzspulinstrument als Ablesegerät zur Verfügung.

Die vorstehenden Ausführungen sollen einen kurzen Einblick in die Arbeit der Prüfstelle des VDE auf dem Gebiet der Elektrowärme, insbesondere auch für das Zustandekommen und Erproben neuer Bestimmungen, geben; sie können keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, zumal die zahlreichen Versuche von Fall zu Fall geschaffene zusätzliche Verfahren und Einrichtungen erfordern.

Digitized by Google

Internationaler Elektrowärmekongreß in Scheveningen vom 12. bis 15. Juni 1936.

621. 364 (063)

Im Rahmen des Kongresses der Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique fand in Scheveningen vom 12. bis 15. 6. 1936 erstmalig ein internationaler Elektrowärmekongreß statt, der von einer großen Zahl von Elektrowärmefachleuten aus den Kreisen der Stromerzeuger, Hersteller und Verbraucher 13 verschiedener europäischer Länder besucht war.

In vier Arbeitssitzungen wurden neun Hauptvorträge und elf eingesandte Berichte behandelt. Verbreitung und Förderung der industriellen Elektrowärme in den einzelnen Ländern, Aufbau und Wirkungsweise elektrischer Öfen, und die internationale Zusammenarbeit in diesen Fragen, wurden von wissenschaftlicher und technischer Seite aus behandelt.

Am ersten Tage sprach Herr Knoops, Deutschland, über die Verbreitungs- und Entwicklungsmöglichkeiten der industriellen Elektrowärme in Europa. Er ist der Ansicht, daß noch große Strommengen aus Ueberschußenergie von Wasserkraftanlagen für Elektrowärmevorgänge aller Art verwendet werden können. Die größten Strommengen verbraucht verständlicherweise die Rohstofferzeugung, für die natürlich aber auch stets sehr niedrige Strompreise gewährt werden müssen.

Die Herren Smithells und Bardell, England, berichteten über ihre Untersuchungen zur Prüfung von metallischen Heizkörpern. Es ist schwierig, im Kurzversuch die im elektrischen Ofen herrschenden Betriebsbedingungen auch nur einigermaßen zu treffen, wenn nicht die Fragen der Temperaturkonstanthaltung, der Ein- und Ausschaltzeit, der Atmosphäre usw. genau berücksichtigt werden.

Herr Halbertsma, Holland, berichtete über Hochfrequenzöfen und dabei insbesondere über eine Anlage, die sich durch Verwendung einer 250 kW-Senderöhre auszeichnet.

Herr Masukowitz, Deutschland, sprach über die Entwicklung der industriellen Elektrowärme in Deutschland, ihre Förderung durch die Elektrizitätswerke und die Möglichkeiten einer internationalen Zusammenarbeit.

Herr Robiette, England, berichtete über die Anwendung von Schutzgasen in elektrischen Öfen und zeigte anschaulich die weitgehend entwickelten Elektroofenbauarten mit Fließbetrieb und Blankglüheinrichtungen.

Herr Nyssen, Holland, beschrieb einige interessante, durch Mitarbeit der holländischen Elektrowärmeinstitute entwickelte keramische Sonderöfen. Bei einem Ofen zum Glasieren von Dachziegeln konnte durch Ausbildung des Ofens nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen ein überraschend niedriger Stromverbrauch und dadurch günstige Wirtschaftlichkeit festgestellt werden.

Herr Fischer, Deutschland, ging rechnerisch auf die Strahlungsverhältnisse im Elektroofen ein und wies die Wichtigkeit der Heizkörperform und -anordnung für eine wirksame Wärmeübertragung nach.

Herr Beuken, Holland, berichtete über interessante Modellversuche im Elektrowärmeinstitut in Maastricht, mit denen er den Wärmefluß in den Wänden periodisch arbeitender Öfen durch Übertragung der wärmetechnischen auf die elektrotechnischen Verhältnisse bestimmt, indem er die Wärmeleitung durch Widerstände, die Wärmespeicherung durch Kondensatoren ersetzt.

Herr Stokvis, Holland, behandelte die Rückwirkung der einphasigen Belastung von Elektroöfen und Schweißgeräten auf die Leitungsnetze und gab Wege zur Ausgleichung störender Belastungen an.

Herr Etienne, Frankreich, stellte die Erfolge eines neuen Widerstandsschmelzofens dar. Die Heizung des Ofens erfolgt durch Stäbe aus Graphit oder amorpher Kohle, die für sehr hohe Temperaturen verwendet werden können. Anwendungen für die keramische Industrie sind noch nicht bekannt.

Herr Broglio, Deutschland, schilderte die im Stahlwerk Ründeroth gewonnenen Erfahrungen bei der Entwicklung der Hochfrequenzöfen, wobei er besonders auf die Umformer, die Kondensatoren, die Schaltung, Betriebsweise, Spule und Zustellung einging.

Herr Simon, Deutschland, erörterte Wege zur Verbesserung der Temperaturverhältnisse im Elektroofenbau, wobei er besonders die Luftumwälzöfen, Salzbad- und Fließöfen erwähnte.

Herr Tamele, Deutschland, berichtete eingehend über die interessante Frage der Schutzatmosphäre in elektrischen Glühöfen. Besonders zu erwähnen sind Turmöfen, große Topf-Blankglühanlagen und große Durchlauföfen.

Herr Scherzer, Deutschland, behandelte die allgemeinen Entwicklungsrichtungen im Widerstandsofenbau und ging auf die Gedanken der Wärmespeicherung und der weitgehenden Pulverisolierung der Ofenwände, die wirksame Wärmeübertragung durch freistrahlende Heizelemente und den Übergang zu kontinuierlichen Öfen ein.

Herr Bartelds, Holland, sprach über die Anwendung der industriellen Elektrowärme in Holland. Man hat dort jetzt etwa 1000 Öfen mit 8000 kW in Betrieb und gerade in den letzten Jahren einen starken Anstieg zu verzeichnen, da sehr niedrige Strompreise gewährt werden.

Herr Domboy, Frankreich, besprach die Elektrowärmeanlagen des Sanatoriums zu Lissies, von denen die verschiedenartigen elektrischen Raumheizkörper mit einem Gesamtanschlußwert von 2000 kW erwähnenswert sind.

Herr von Kantzow, Schweden, behandelte die Eigenarten der Kanthal-Heizelemente. Diese Chromeisen-aluminiumkobalt-Legierung ist in ständiger Verbreitung begriffen und bis zu Höchsttemperaturen von 1350° anwendbar, wobei jedoch manche konstruktiven Vorschriften zu beachten sind.

Herr von Zeerleder, Schweiz, schilderte besonders die Anlagen zur Aluminiumraffination. Im Dreischichtenverfahren kann man heute Aluminium mit Reinheitswerten von 99,99 % erzielen.

Herr Sourdillon, Frankreich, sprach über die Entwicklung der Wärmebehandlung im Elektroofen. Auf Grund metallographischer Ausführungen zeigte er die große Bedeutung der genauen Temperaturregelung, die auch in Frankreich zu immer steigender Anwendung von elektrischen Metallbehandlungsverfahren führt.

Herr Paschkis, Österreich, behandelte die Bedeutung des Anschlußwertes für elektrische Widerstandsöfen, der auf Anheizvorgang, Regelgenauigkeit, Erzeugung, Ofenpreis, Strompreis und Benutzungsdauer von größtem, nur selten klar erkanntem Einfluß ist.

Als Erfolg der sehr anregend verlaufenen Tagung darf berichtet werden, daß ein kleiner vorbereitender Arbeitsausschuß mit Vertretern verschiedener Länder gegründet wurde, der Schritte zu Herbeiführung einer dauernden internationalen Fühlungnahme auf diesem wichtigen Arbeitsgebiet unternehmen soll. *Mkz.*

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 25. September 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 8. Oktober 1936 | Heft 41

Die 13. Große Deutsche Rundfunkausstellung, Berlin 1936.

Von G. Krawinkel, Berlin.

621. 396. (064)

Man betrat die Große Deutsche Rundfunkausstellung, deren Pforten vom 28. 8. bis 6. 9. geöffnet waren, durch die Ehrenhalle, wo dem Besucher die nationalen und völkischen Aufgaben des Rundfunks zunächst in großem Querschnitt gezeigt wurden. Hier gab die Reichspropagandaleitung ein Bild des Gemeinschaftsempfangs. Ein Schaubild veranschaulichte die Verbindung der auslandsdeutschen Volksgruppen mit der Heimat durch den Deutschen Kurzwellenrundfunk. Unter dem Wort „Landvolk sendet für Landvolk" gab die Reichsbauernführung einen Einblick in die Rundfunkarbeit ihrer Landesbauernschaften. Die Hitlerjugend zeigte in einer Nachbildung ihres Heidelberger Lagers ihre technische Schulungsarbeit, während das Gaupropagandaamt Berlin die Tätigkeit der Funkschule bei Großübertragungen darstellte. Die Deutsche Arbeitsfront hatte in Gemeinschaft mit mehreren Berliner Unternehmen einen Betrieb mit vorbildlicher Rundfunkausstattung aufgebaut. In der Ehrenhalle hatte auch die von Dr. Vierling mit Unterstützung der Organisation „Kraft durch Freude" gebaute Großtonorgel ihren Platz gefunden. Die Töne dieses Instrumentes werden auf elektrischem Wege mit einer großen Zahl von Schwingungserzeugern gebildet.

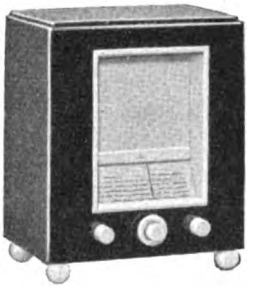


Abb. 1a. Einkreis-Zweiröhren-Empfänger.

Nach den großen Erfolgen des Volkssenders auf der vorjährigen Rundfunkausstellung hatte die Reichssendeleitung zusammen mit der NS-Gemeinschaft „Kraft durch Freude" auch dieses Jahr wieder einen Volkssender geschaffen. Die sorgfältig vorbereiteten Darbietungen dieses Senders gaben allen Besuchern wie auch allen Rundfunkhörern im Reich ein Bild des Kulturschaffens der breiten Volksschichten. Volksgruppen aus allen Gauen des Reiches traten hier auf und gaben in ihren Mundarten Besuchern und Rundfunkhörern ein Bild bodenständiger Kunst.

Im technischen Teil der Ausstellung zeigte in Halle I die apparatebauende Industrie ihre neuen Geräte. Nach dem hohen Stande, den unsere Empfängertechnik schon im vorigen Jahr erreicht hatte, waren in diesem Jahr keine grundsätzlichen Neukonstruktionen zu erwarten. Die Arbeit des letzten Jahres im Rundfunkempfängerbau war vielmehr auf eine weitere Durchbildung und Verbesserung vorhandener Baumuster gerichtet. Vor allem hat man den Niederfrequenzteil neu durchkonstruiert. Im Hinblick auf eine Verbesserung der Tonwiedergabe findet man allgemein größere Niederfrequenz-Endstufen. Hierfür stellte die Röhrenindustrie das neue mittelbar geheizte Fünfgitter-Endrohr AL4 und das Dreigitterrohr AD1 zur Verfügung. Neben einer Kraftreserve, die eine Verringerung des Klirrfaktors mit sich bringt, ermöglichen die großen Endstufen eine bessere Übertragung der tiefen Frequenzen und damit eine natürliche Wiedergabe der Baßtöne. Im äußeren Aufbau hat sich in diesem Jahr auch schon eine einheitlichere Form der Empfänger ergeben, indem die Lautsprecher vielfach neben den Empfängern angeordnet sind.

Im schaltungsmäßigen Aufbau brachte die Ausstellung folgende — an sich bekannte — Grundformen:

1. Einkreis-Zweiröhren-Empfänger,
2. Zweikreis-Dreiröhren-Empfänger,
3. Dreikreis-Dreiröhren-Empfänger,
4. Fünfkreis-Vierröhren-Superheterodyn-Empfänger,
5. Sechs- bzw. Siebenkreis-Vierröhren-Superheterodyn-Empfänger,
6. Neunkreis-Sechsröhren-Superheterodyn-Empfänger.

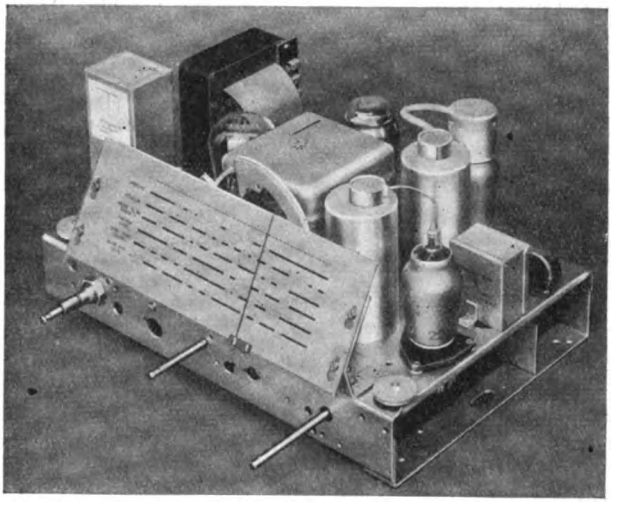


Abb. 1b. Chassis des Einkreis-Zweiröhren-Empfängers.

Die Abb. 1 und 2 zeigen als Beispiele Vertreter des 1. und 6. Empfängertyps in äußerem Aufbau, Chassis und Schaltung. Schwundausgleich, Stummabstimmung und gehörrichtige Lautstärkeregelung gehören heute zu den Selbst-

Digitized by Google

verständlichkeiten bei Empfängern schon der mittleren Preisstufen. Bei hochwertigen Superheterodyn-Empfängern ist allgemein eine veränderliche Bandbreiteneinstel-

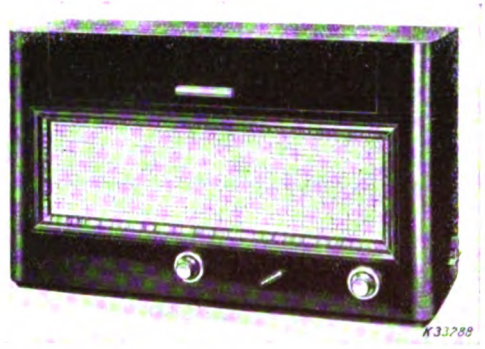
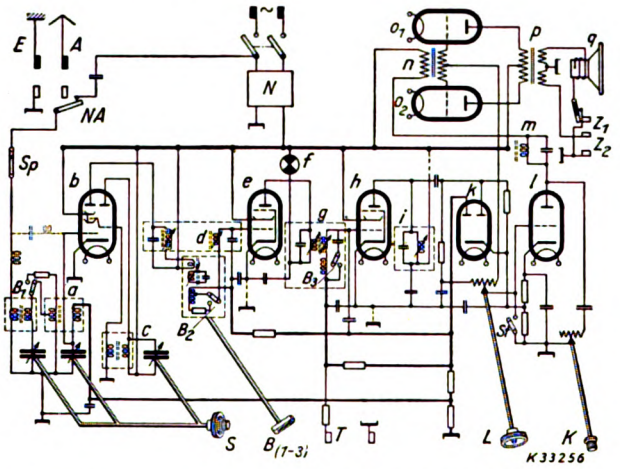


Abb. 2a. Sechsröhren-Luxus-Super, Ansicht, Skalenhaube geschlossen.

lung vorgesehen. Dadurch kann stets das günstigste Verhältnis zwischen Trennschärfe und Klanggüte eingestellt werden.

An Sonderausführungen sei auf den Zusammenbau von Empfängern mit Plattenspielern hingewiesen. Abb. 3 zeigt



A	Antenne	*b*	Oszillator- und Mischröhre
B	Bandbreiteschalter	*c*	Oszillatorkreis
E	Erde	*d*	Zwischenfrequenz-Bandfilter (3 Kreise)
K	Klangregler	*e*	1. Zwischenfrequenz-Verstärkerröhre
L	Lautstärkeregler	*f*	Abstimmanzeiger
N	Netzteil mit Spannungsumschaltung	*g*	Zwischenfrequenz-Bandfilter (2 Kreise)
NA	Netzantenne	*h*	2. Zwischenfrequenz-Verstärkerröhre
S	Senderwähler (mit Grob- und Feineinstellung)	*i*	Zwischenfrequenz-Bandfilter (1 Kreis)
Sp	Sperrkreisanschluß	*k*	Empfangsgleichrichterröhre
St	Kontakt für Stillabstimmung (am Lautstärkeregler)	*l*	Endröhre
T	Anschluß für Tonabnehmer	*m*	Sperrkreis 9 kHz
Z_1	Anschluß für Zusatzlautsprecher (eingebauter Lautsprecher bleibt eingeschaltet)	*n*	Zwischenübertrager
Z_2	Anschluß für Zusatzlautsprecher (eingebauter Lautsprecher wird abgeschaltet)	o_1	Gegentaktverstärkerröhre
		o_2	Gegentaktverstärkerröhre
a	Eingangsbandfilter (2 Kreise)	*p*	Ausgangsübertrager
		q	dynamischer Lautsprecher

Abb. 2b. Schaltung des Empfängers Abb. 2a.

den auf der Ausstellung vielbeachteten Olympiakofferempfänger. Dem Autoempfänger haben sich in diesem Jahre mehrere Firmen zugewandt. In Abb. 4 ist die Anbringung eines solchen Empfängers hinter dem Armaturenbrett dargestellt, während Abb. 5 das geöffnete Empfängerchassis zeigt. — Ein großer Teil der Empfänger ist als Allstromempfänger ausgeführt. Zur Herabsetzung des Stromverbrauchs zeigen einzelne Fabrikate Stromsparschaltungen.

Auf dem Gebiet der Geräteteile zeigte eine große Zahl von Firmen auch in diesem Jahr ihre Erzeugnisse. Keramische Baustoffe haben hier weitgehend Anwendung gefunden. Die Abb. 6 und 7 zeigen z. B. einen Spulenkörper und mehrere Grundformen aus diesen Stoffen. Um die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt sicherzustellen, hat man in verstärktem Maße die Tropenfestigkeit der verwendeten Bauteile berücksichtigt.

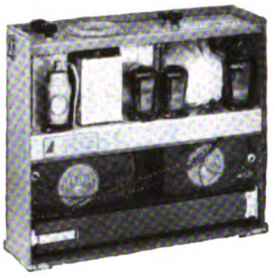


Abb. 3. Olympia-Koffer-empfänger.

Als Spitzenleistung dieser Art sei ein Lautsprecher erwähnt, der auch durch Eintauchen in Wasser nicht beschädigt wird.

Für die Hochfrequenz-Meßtechnik brachte die Ausstellung zwei bemerkenswerte Neuerungen: Einen Polarkoordinaten-Oszillographen und ein Röhrenvoltmeter mit veränderlichem Abstand von Anode—Kathode der Gleichrichterdiode zur Messung kurzer Wellen. Abb. 8 zeigt den Polarkoordinaten-Oszillographen, während Abb. 9 die sog. Glasfeder-Diode mit veränderlichem Anoden-Katho-

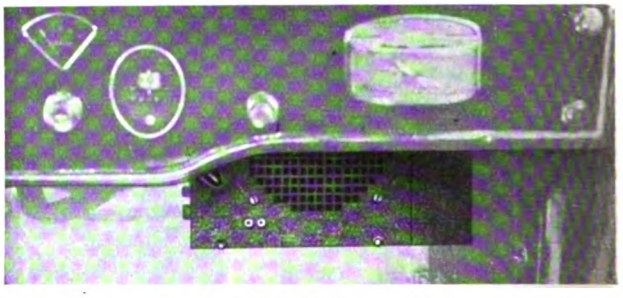


Abb. 4. Autoempfänger, eingebaut.

den-Abstand zur Gleichrichtung kurzer Wellen darstellt. Beide Geräte dürften in Hochfrequenzlaboratorien nützliche Anwendung finden.

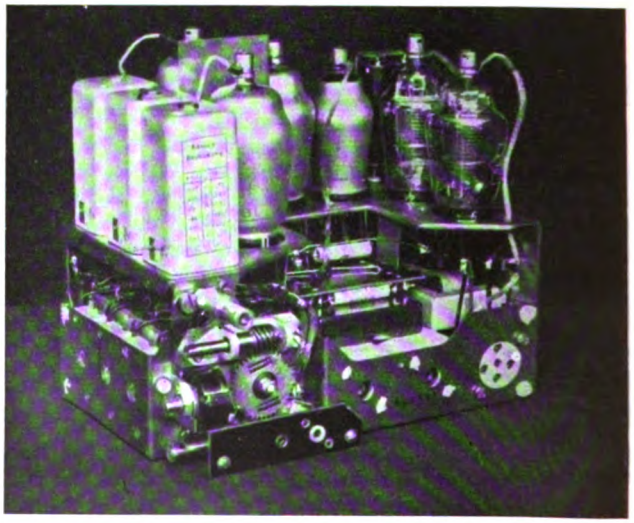


Abb. 5. Chassis des Autoempfängers Abb. 4.

In einer Sonderschau zeigte die Deutsche Reichspost die für die verschiedenen Wellenlängen zweckmäßigsten Formen der Sendeantennen. In Modellen wurden

Digitized by Google

Strahler für Zentimeterwellen, die Antennen der Ultrakurzwellen-Sender Witzleben, die Antennen des Kurzwellen-Richtungsverkehrs, die schwundmindernden Antennen der Rundfunksender, Schiffsantennen und die Antennengebilde der Großstation Nauen gezeigt. Neben dieser Modelldarstellung gaben große Schaubilder einen Einblick in die Anwendungsgebiete der verschiedenen Wellenlängen. Im Anschluß an diese Antennenschau zeigte die Deutsche Reichspost die Wirkungsweise des Drahtfunks, der überall da berufen ist, die Verbreitung der Rundfunknachrichten zu übernehmen, wo die drahtlose Versorgung gewissen Schwierigkeiten begegnet.

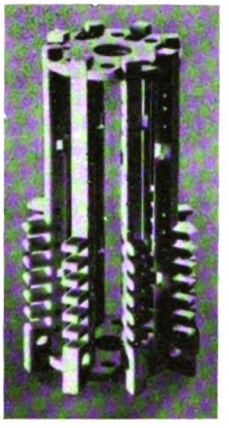


Abb. 6. Keramischer Spulenkörper.

Der gegenwärtige Stand des Fernsehens wurde von der Deutschen Reichspost und der beteiligten Industrie in einer großzügigen Sonderschau gezeigt. Nachdem während der Olympischen Spiele zum erstenmal in großem Umfang Fernsehübertragungen aktueller Ereignisse durchgeführt wurden, zeigte die diesjährige Ausstellung die hierfür entwickelten Geräte den Besuchern im Betrieb. Mit Bildfängern und Zwischenfilmwagen fanden Freilicht- und Bühnenübertragungen statt, die sowohl auf Kurzschlußempfängern wie auch drahtlos über den Ultrakurzwellen-Sender Witzleben gezeigt wurden. Diese Sendungen erfolgten, entsprechend dem derzeitigen Betriebszustand, mit 180 Bildzeilen und 25 Bildwechseln in der Sekunde. Daneben zeigten die Deutsche Reichspost und die an der Fernsehentwicklung beteiligten Firmen, im Zuge der Weiterentwicklung des Fernsehens, Fernsehbilder mit 375 Bildzeilen nach dem Zwischenzeilenverfahren. Dieses Zwischenzeilenverfahren unterscheidet sich von der bisher gebräuchlichen Bildabtastung bekanntlich dadurch, daß zunächst die Bildzeilen 1, 3, 5 usf. abgetastet und anschließend die Bildzeilen 2, 4, 6 usf. abgetastet werden. Da jeder Abtastvorgang hierbei in $^1/_{50}$ s erfolgt, wird das Bildflimmern praktisch beseitigt. Die erhöhte Zeilenzahl von 375 bringt gleichzeitig ein besseres Auflösungsvermögen mit sich. Mit dem Zwischenzeilenverfahren mit 375 Bildzeilen wurden auf der Ausstellung Filme, Bühnen- und Freilichtaufnahmen gezeigt. Auf dem Gebiet der Fernsehempfänger erschienen neben einer Spiegelschraube für 180 Zeilen nur Braunsche Röhren. Hier hat man inzwischen für den Heimempfänger Größen bis zu 50 cm Schirmdurchmesser erreicht. Neben den Heimempfängern traten zum erstenmal Großbildempfänger auf, die ein kleines, aber sehr lichtstarkes Bild einer Braunschen Röhre optisch vergrößern. In einer Ausführungsform wurde auch zum erstenmal eine Braunsche Röhre mit kalter Kathode zur Erzeugung des Projektionsbildes verwendet.

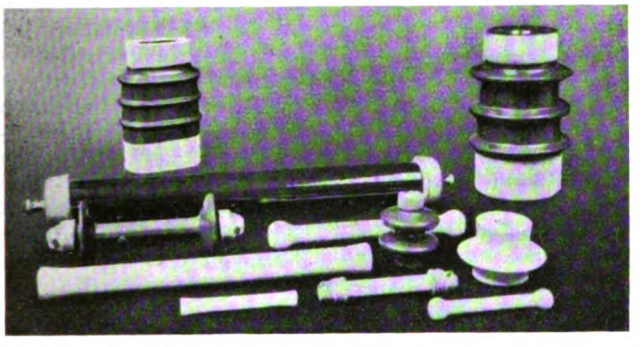


Abb. 7. Keramische Bauteile.

Der Kathodenstrahl wird in den Fernsehempfängern bei den verschiedenen Herstellungsmustern sowohl elektromagnetisch wie elektrostatisch als auch gemischt magnetisch elektrostatisch abgelenkt. Die Kippgeräte sind dabei heute durchweg auf Schaltungen mit Elektronenröhren aufgebaut, im Gegensatz zu den anfangs üblichen

Abb. 8. Polarkoordinaten-Oszillograph.

Schaltungen mit Thyratrons. Hierdurch ist eine sehr viel größere Genauigkeit der Einsatzzeiten für die Kippspannungen bzw. Ströme sichergestellt, als es mit gasgefüllten Röhren möglich war. Diese Einsatzgenauigkeit aber ist unerläßlich für hochzeilige Bilder, insbesondere für das Zwischenzeilenverfahren, wo bei ungenau arbeitenden

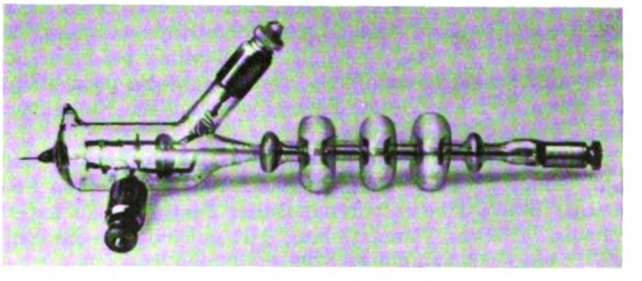


Abb. 9. Glasfeder-Diode.

Kippgeräten nicht nur eine seitliche Auszackung der Bilder entsteht, sondern die Zeilen der beiden Bildraster auch noch paarig werden. Ein streng symmetrischer Aufbau der beiden Bildraster beim Zwischenzeilenverfahren ist aber Voraussetzung zur Erzielung des vollen Auflösungsvermögens dieser Fernsehbilder.

Digitized by Google

Über die dynamische Kurzschlußfestigkeit von Stromwandlern.

Von **M. Walter** VDE, Berlin.

621. 314. 224. 014. 3

Übersicht. Die mechanische Beanspruchung der Stromwandler durch Kurzschlußströme wird ausführlich erläutert*). Eine Unterteilung in eine innere und äußere Beanspruchung erweist sich dabei als notwendig. Für die Wahl und den Einbau der Wandler sind diese Beanspruchungen maßgebend. Entsprechende Hinweise werden an geeigneten Stellen gegeben. Die Ausführungen sind allgemein gehalten und für Planungs- und Betriebsingenieure zugeschnitten.

Allgemeines.

Stromwandler können in elektrischen Anlagen durch Stoß- und Dauerkurzschlußströme mechanisch und thermisch überbeansprucht werden. Sie sind im allgemeinen in Netzen mit niedriger Betriebsspannung (unter 30 kV) durch die Kurzschlußströme mehr gefährdet als in Netzen mit hoher Betriebsspannung (über 30 kV), weil bei gleicher Kurzschlußleistung die Ströme im ersten Falle infolge der geringeren Spannung viel größere Werte erreichen, und weil die Leiterabstände in Netzen mit niedriger Betriebsspannung von Haus aus schon viel kleiner sind als in Netzen mit hoher Betriebsspannung. Außerdem sind in Netzen bis zu 10 kV die Maschinen mit den übrigen Netzteilen oft unmittelbar, d. h. nicht über Transformatoren verbunden; die Kurzschlußströme, insbesondere die Stoßströme, treten daher in den Netzteilen mit geringer Entfernung von den Maschinen zumeist praktisch ungedämpft auf. — Stromwandler werden gewöhnlich viel stärker beansprucht als Transformatoren, da sie nicht imstande sind, den Kurzschlußstrom durch ihren eigenen Blindwiderstand zu begrenzen.

Die Stromwandler unterteilt man nach ihrem Aufbau in Einleiter- und Mehrleiterwandler. Zu den Einleiterwandlern gehören die Stab- und Schienenwandler, zu den Mehrleiterwandlern die sog. Wickelwandler, d. h. die Schleifen-, Topf-, Querloch-, Reifen-, Stützerkopf-Stromwandler usw. Die Einleiterwandler benutzt man gewöhnlich für große, die Mehrleiterwandler dagegen überwiegend für kleinere Nennstromstärken (Höchstgrenze für Mehrleiterwandler etwa 800 bis 1000 A).

Für die Wahl der Stromwandler sind in erster Linie maßgebend die Größe des Kurzschlußstromes an der Einbaustelle und die erforderliche Nennleistung bei einer bestimmten Klassengenauigkeit; ferner sind die notwendige Überstromziffer sowie die jeweils vorhandenen Einbauverhältnisse mitbestimmend.

Hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung hat man bei den Stromwandlern grundsätzlich zwischen innerer und äußerer dynamischer Festigkeit zu unterscheiden[1]). Diese Unterteilung gilt sowohl für die Einleiter- als auch für die Mehrleiterwandler.

Für die innere mechanische Beanspruchung kommen nur solche Kräfte in Frage, die durch Kurzschlußströme im Innern der Wandler hervorgerufen werden. Die äußere Beanspruchung dagegen ist lediglich durch die Kräfte des Kurzschlußstromes gegeben, die zwischen den Phasenleitern eines Leitungsstranges auftreten und die von außen her auf die Wandler ähnlich wie auf Stützer und Durchführungen einwirken.

Innere dynamische Kurzschlußfestigkeit.

Bei den Einleiter-Stromwandlern ist die innere dynamische Kurzschlußfestigkeit praktisch unbegrenzt, weil bei ihnen im Innern keine einzige geschlossene Stromschleife auf der Primärseite vorhanden ist und weil der Primärleiter und die Sekundärwicklung symmetrisch und meist konzentrisch zueinander angeordnet sind.

Die Mehrleiter-Stromwandler haben dagegen nur eine begrenzte innere dynamische Festigkeit, da Kurzschlußströme in den Primärwicklungen schon sehr hohe Kräfte hervorrufen können[2]). Ihre mechanische Beanspruchung ist im Innern bei gleichen Kurzschlußströmen um so größer, je mehr Primärwindungen vorhanden sind. Die Anzahl der Primärwindungen ist bei den Wickelwandlern für kleine Nennströme ($I_n < 50/5$ A) schon sehr beträchtlich; sie wird ermittelt aus der Nenn-Ampere-Windungszahl, welche bei neuzeitlichen Wandlern mit üblicher Nennleistung und Meßgenauigkeit (z. B. 30 VA in Klasse 1) in der Größenordnung von 600 bis 1200 AW. liegt. Der kleinere Wert der AW.-Zahl gilt für Wickelwandler, bei denen das Prinzip der Gegenmagnetisierung angewendet wird[3]), oder aber bei denen die Kerne anstatt aus Siliziumeisen aus Nickeleisen hergestellt werden. — Die Leiterquerschnitte selbst haben auf die dynamische Festigkeit der Wickelwandler in den meisten Fällen praktisch keinen Einfluß.

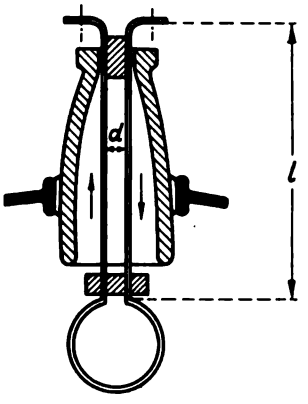


Abb. 1. Leitereinführung bei einem Topfwandler.

Stark beansprucht sind im besonderen die Leitereinführungen bei den Topfstromwandlern, da sie im Isolator meist eine enge Schleife bilden (Abb. 1). Nimmt die mechanische Beanspruchung unzulässige Werte an, so kann sie das Abreißen der Leitereinführungen und sogar die Sprengung des Isolators verursachen (Abb. 2). Bei Mehrleiterwandlern mit konzentrisch angeordneten Primär- und Sekundärwicklungen machen sich außerdem infolge von Spulenunsymmetrien starke axiale Schubkräfte[4]) bemerkbar, die ebenfalls zur Zertrümmerung der Wandler führen können (Abb. 3 und 4). Gegen alle diese Erscheinungen haben die Herstellerfirmen bei ihren neueren Bauarten von Mehrleiterwandlern bereits weitgehende Maßnahmen getroffen. Sie bestehen im wesentlichen darin, daß die Leitereinführungen weit

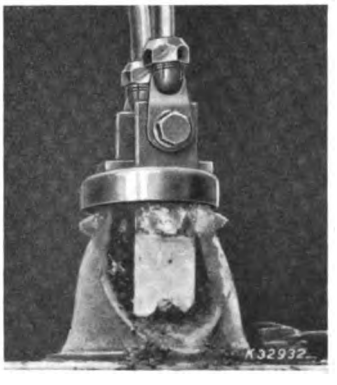


Abb. 2. Durch Kurzschlußstrom zerstörter Isolator eines Topfstromwandlers.

*) Über die thermische Beanspruchung der Wandler s. M. Walter: Kurzschlußströme in Drehstromnetzen, S. 77 bis 83 und 127 bis 133. München: R. Oldenbourg 1935.

[1]) S. a. M. Walter: Kurzschlußströme in Drehstromnetzen, S. 72 bis 77, München: R. Oldenbourg 1935.

[2]) Die Ströme in der Sekundärwicklung erfahren dabei zumeist eine erhebliche Begrenzung durch die Sättigung im Eisenkern.

[3]) Siehe u. a. H. Vahl, Vor- und Gegenmagnetisierung bei Stromwandlern, VDE-Fachberichte 1934.

[4]) S. a. W. Reiche, Über die Kurzschlußfestigkeit von Stromwandlern. ETZ 49 (1928) S. 1772.

Digitized by Google

auseinandergelegt und gut abgestützt[5]), die Spulenunsymmetrien dagegen durch konstruktive Anordnungen von vornherein möglichst vermieden werden.

Zur Beurteilung der inneren dynamischen Festigkeit von Mehrleiter-Stromwandlern dient der Begriff „dynamischer Grenzstrom". Dynamischer Grenzstrom ist nach den VDE-Regeln (VDE 0414/1932) die erste (größte) Stromamplitude, die ein Wandler bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung dynamisch aushält, ohne Schaden zu nehmen; er wird in kA angegeben. Ist jedoch an die Sekundärwicklung eine Bürde (Relais, Meßgeräte oder Zähler) angeschlossen, so hält der Stromwandler in bezug auf die axialen Schubkräfte einen höheren Stoßkurzschlußstrom aus, da in diesem Falle der Sekundärstrom durch das Anwachsen des Übersetzungsfehlers bzw. des Gesamterregerstromes (Leerlaufstromes) keine so hohen Werte mehr annehmen kann[6]). Eine Verlagerung bzw. ein Schadhaftwerden der Wicklungen tritt dann nicht so leicht ein.

Abb. 3. Durch axiale Schubkräfte zwischen Primär- und Sekundärspule zerstörter Wickelwandler.

Die innere dynamische Festigkeit von gewöhnlichen Mehrleiterwandlern beträgt je nach ihrer Bauart dyn. 150 bis 300, das soll bedeuten: die Wandler halten bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung den 150- bis 300fachen Amplitudenwert ihres Nennstromes aus. Vermindert man bei einem derartigen Mehrleiterwandler die Nennleistung oder Meßgenauigkeit oder beide gleichzeitig, indem bei unverändertem Kern die Windungszahl ermäßigt wird, so kann die innere dynamische Festigkeit noch wesentlich gesteigert werden; denn die innere mechanische Beanspruchung eines Wandlers geht bekanntlich mit dem Quadrat seiner Windungszahl zurück.

Mehrleiterwandler der Nennstromstärke 100/5 A in normaler Ausführung, d. h. Form a mit 30 VA in Klasse 1, haben z. B. einen dynamischen Grenzstrom von 35 bis 42 kA, welche Werte dyn. 250 bis 300 entsprechen[7]), d. h. die Wandler vertragen das 250- bis 300fache ihres Nennstrom-Scheitelwertes. Die größeren Wandler gleicher oder anderer Reihenspannungen mit den Kennbuchstaben b, c, d usw. weisen eine viel höhere Nennleistung bei gleicher Klassengenauigkeit auf, da sie wesentlich mehr Eisen gleicher Beschaffenheit besitzen (Abb. 5). Sie haben jedoch dieselbe AW.-Zahl wie die Wandlerform a und mithin praktisch die gleiche innere dynamische Kurzschlußfestigkeit (die thermische Kurzschlußfestigkeit dieser Wandler ist ebenfalls gleich der eines Wandlers der Form a, da auch ihre Stromdichte bei Nennstrom nur etwa 1,5 bis 2 A/mm² beträgt).

Sollen nun die Wandler der Formen b, c, d usw. aus Gründen der Betriebssicherheit für eine größere Kurzschlußfestigkeit ausgelegt werden, so braucht man nur ihre Nennleistung kleiner zu nehmen bzw. der Nennleistung des Wandlers Form a — gleiche Klassengenauigkeit vorausgesetzt — anzugleichen, indem man ihre Primärwindungszahl verringert (höhere dynamische Festigkeit!) und die Leiterquerschnitte bei gleichbleibendem Wickelraum verstärkt (höhere thermische Festigkeit!).

[5]) Die Einführungen werden mitunter auch in Rohre eingebettet und von einigen Herstellern sogar konzentrisch angeordnet.

[6]) Ausführlicher s. in M. Walter, Über die Eigenschaften der Stromwandler für Schutzrelais, ETZ 55 (1934) S. 483.

[7]) Es gibt auf dem Markt auch Wickelwandler normaler Ausführung (Form a), die bei gleicher Nennleistung und Meßgenauigkeit eine wesentlich kleinere dynamische Kurzschlußfestigkeit aufweisen. Es handelt sich dabei um Wandler mit einer verhältnismäßig hohen Nenn-AW.-Zahl, beispielsweise mit 1000 bis 1200 AW.

Äußere dynamische Kurzschlußfestigkeit.

Die äußere dynamische Kurzschlußfestigkeit dürfte bei Einleiter- und Mehrleiterwandlern in den meisten Fällen in der gleichen Größenordnung liegen[8]). Absolutwerte in kg, denen die Stromwandler ähnlich wie Durchführungen und Stützer standhalten sollen, werden einstweilen weder vom VDE noch von allen Wandlerherstellern genannt. Eine allgemein gültige Normung solcher Werte dürfte bei der Vielgestaltigkeit der Wandler auch kaum möglich sein. Wenn man sicher gehen will, so setzt man die äußere dynamische Festigkeit der Stromwandler zweckmäßig gleich der von gewöhnlichen Stützern und Durchführungen der Gruppe A (375 kg)[9]). Damit ergibt sich wenigstens ein Anhaltspunkt bzw. Richtwert für die Planung. Sind stärkere äußere Beanspruchungen zu erwarten, so empfiehlt es sich, Stützer entsprechender Festigkeit zur Entlastung in unmittelbarer Nähe der Wandler einzubauen. Eine solche Maßnahme ist schon deswegen empfehlenswert, weil die Wandler im allgemeinen edle Anlageteile darstellen und sehr wichtige Aufgaben in meß- und schutztechnischer Hinsicht zu erfüllen haben.

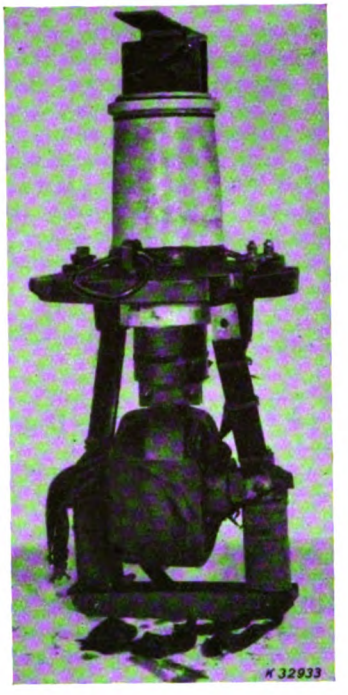


Abb. 4. Durch dynamische Wirkung des Kurzschlußstromes zerstörter Topfstromwandler (Primär- und Sekundärspule haben sich verlagert. Ölkessel ist fortgenommen.)

Eine Gefährdung der Stromwandler in einer Anlage durch äußere Kurzschlußkräfte dürfte bei einer Leiterabstützung von Meter zu Meter und bei einem Leiterabstand von etwa 30 cm allerdings erst bei Stoßkurzschlußströmen über 60 kA eintreten. Erfolgt die Abstützung der Leiter bei sonst gleichen Bedingungen, jedoch in größeren Abständen, so können natürlich schon viel kleinere Ströme die Wandler mechanisch gefährden (vgl. Abb. 7). Die äußere mechanische Beanspruchung hängt bei Wandlern gleicher Bauart und bei gegebenem Kurzschlußstrom im wesentlichen nur von der räumlichen Anordnung, d. h. vom Phasenabstand der Wandler untereinander ab.

Form a (30 VA in Kl. 1) Form b (60 VA in Kl. 1) Form c (90 VA in Kl. 1)

Abb. 5. Prinzipbilder von Topfstromwandlern gleicher Reihe mit verschieden großen Eisenquerschnitten (jedoch einheitlicher Eisenbeschaffenheit) und gleicher AW.-Zahl.

[8]) Bei Einleiterwandlern trägt der starke Kupferstab oder die Schiene sowie die gegebenenfalls vorhandene Hartpapierumpressung, bei einigen Ausführungen von Mehrleiterwandlern die doppelte Anzahl Isolatoren zur Erhöhung der Festigkeit gegen die äußeren Kräfte nicht unwesentlich bei.

[9]) Die Umbruchkraft (Kleinstwert) beträgt gemäß VDE für Stützer und Durchführungen bis Reihe 45, gemessen am Isolatorkopf, in der Gruppe A 375 kg, in der Gruppe B 750 kg und in der Guppe C 1250 kg.

Digitized by Google

ander sowie von der Abstützung der Phasenleiter des Leitungsstranges selbst ab. Unterliegen doch die Stromwandler in elektrischen Anlagen (vgl. Abb. 6 und 8) den gleichen dynamischen Wechselwirkungen der stromführenden Phasenleiter wie etwa Stützer und Durchführungen. Stromwandler können daher nur dann als dynamisch kurz-

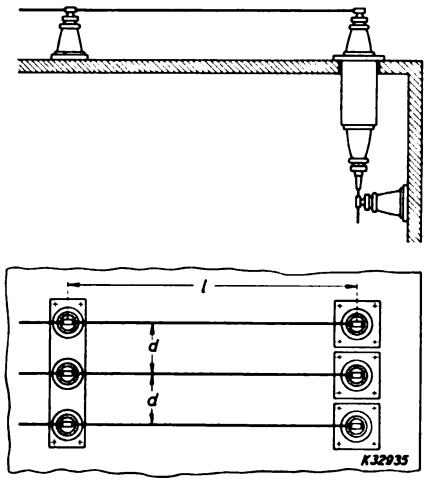


Abb. 6. Leiteranordnung mit Stabstromwandlern.

schlußfest bezeichnet werden, wenn sie bei ausreichender innerer dynamischer Festigkeit in den Anlagen auch mit genügenden Abständen voneinander eingebaut oder durch Stützer zweckmäßig entlastet sind[10]). Den erforderlichen Abstand d kann man unter Zuhilfenahme der allgemein bekannten Gl. (1) leicht ermitteln. Zwischen zwei strom-

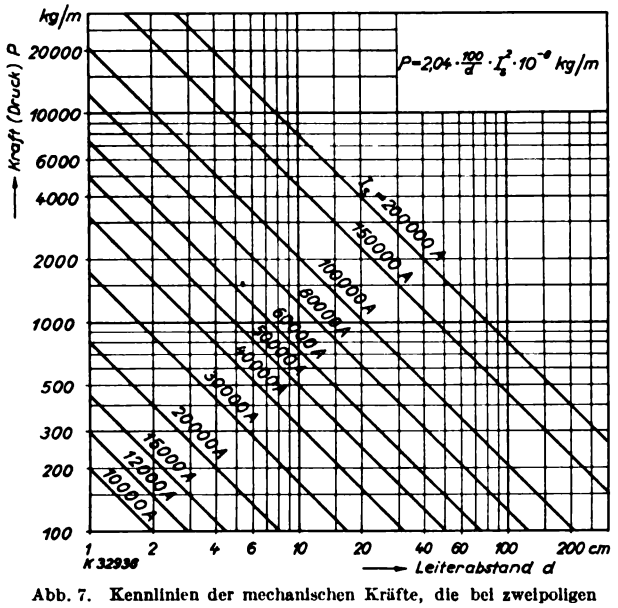


Abb. 7. Kennlinien der mechanischen Kräfte, die bei zweipoligen Kurzschlüssen in parallel verlegten Leitern (z. B. Sammelschienen) je Meter auftreten.

durchflossenen, parallel geführten Leitern der Länge l tritt nämlich je nach der Stromrichtung eine Anziehungs- oder Abstoßkraft in kg von

$$P = 2{,}04 \frac{l}{d} I_s^2 \cdot 10^{-8} \qquad (1)$$

auf, wobei

I_s die Amplitude des Stoßkurzschlußstromes in A,
l die Leiterlänge im parallelen Abschnitt (Spannweite) in cm,
d den Leiterabstand in cm

bedeuten (vgl. a. Abb. 6). Die Gl. (1) hat in dieser Form nur Gültigkeit für den zweipoligen Kurzschluß, d. h. für diejenige Fehlerart, bei der die größten mechanischen Kräfte auftreten. Der Stoßkurzschlußstrom ist zwar beim drei- und zweipoligen Kurzschluß praktisch gleich groß, nicht aber die durch ihn verursachte mechanische Beanspruchung der Anlageteile. Beim zweipoligen Kurzschluß nämlich sind die dynamischen Kräfte wesentlich größer als beim dreipoligen, weil bei ihm die Ströme in den beiden kranken Leitern gleich groß und phasengleich, beim dreipoligen dagegen die Ströme in zwei Leitern im gleichen Augenblick infolge der 120 ° Phasenverschiebung verschieden groß sind. Für die Bestimmung der dynamischen Festigkeit elektrischer Anlageteile muß man demnach stets den zweipoligen Kurzschluß zugrundelegen.

Die Kraft P in kg/m kann als Funktion des Leiterabstandes für verschiedene Kurzschlußstromstärken auch aus Abb. 7 gewonnen werden.

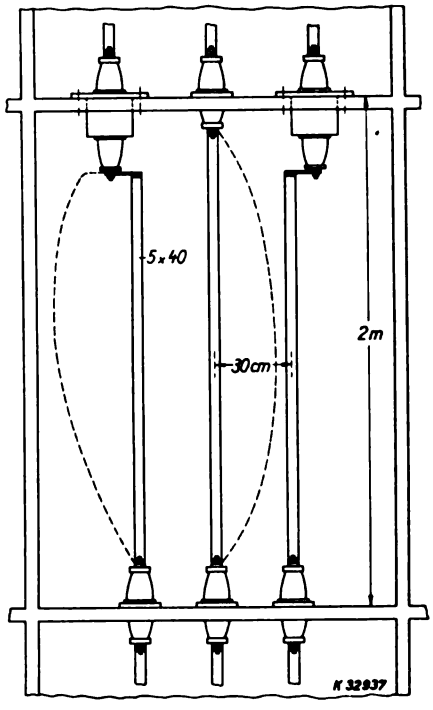


Abb. 8. Fehlerhafte Leiteranordnung mit Stabstromwandlern.

Zu den hier besprochenen Kräften können sich noch weitere starke Kräfte gesellen, die als Folge der Resonanz zwischen Netzfrequenz und mechanischer Eigenschwingungszahl der benachbarten Anlageteile entstehen.

Zeigt sich, daß der erforderliche Leiterabstand d nicht eingehalten werden kann, sei es, daß die Wandlerzelle in der Breite nicht ausreicht oder ihre Tiefe eine Dreieckanordnung statt der ebenen Anordnung nach Abb. 6 nicht zuläßt, so kann notfalls unmittelbar vor jedem Stromwandler im Zuge des Leiters noch ein Stützer genügender Umbruchsfestigkeit zur Entlastung eingebaut werden.

In der Praxis werden beim Einbau von Stromwandlern, insbesondere von Einleiterwandlern, oft grobe Fehler gemacht. Man wiegt sich hierbei im alten Glauben, die Einleiterwandler wären absolut kurzschlußfest[11]) und läßt beim Planen die notwendige Sorgfalt und mitunter die elementarsten Forderungen außer acht. Als Beispiel sei hier ein Ausschnitt aus einer Anlage gezeigt (Abb. 8), in der ein Einleiterwandler bei einem Stoßkurzschlußstrom von über 100 kA an seiner Kittstelle locker wurde — ein an und für sich harmloser Fehler — und die dazugehörigen

[10]) Im Falle eines einpoligen Kurzschlusses, wie er in starr geerdeten Netzen meist auftritt, ist auch ihre äußere dynamische Festigkeit praktisch unbegrenzt.

[11]) Derartige Aussagen trifft man im Schrifttum und in Firmenangeboten nicht selten an; man läßt dabei fälschlicherweise die äußere dynamische Beanspruchung unberücksichtigt.

Digitized by Google

Schienen (5 × 40 mm) des Leitungsstranges sich stark verformten, wie es die gestrichelten Linien deutlich zeigen. Der Wandler wäre heil geblieben, wenn man vor seinem unteren Ende einen Stützer entsprechender Umbruchfestigkeit vorgesehen hätte, zumal die gesamte Spannweite l etwa 2 m beträgt. Die äußere dynamische Beanspruchung wäre am Wandler ebenfalls geringer gewesen, wenn man die Verbindungsschiene an ihrem oberen Ende nicht nach innen, sondern unten an der Durchführung nach außen hin gekröpft hätte; hierdurch wäre der Leiterabstand d größer ausgefallen. Hätte man an Stelle der verhältnismäßig schwachen Verbindungsschienen kräftigere gewählt, die sich nicht verformt hätten, so wäre möglicherweise der durchgehende Porzellanisolator des Wandlers gebrochen, wie dies bei den Stützern der vorgelagerten Trennschalter und Hauptsammelschienen bei demselben Stoßkurzschlußstrom der Fall war.

Inwieweit die inneren und äußeren Kräfte bei Wandlersätzen eines Leitungsstranges zusammenwirken, ist eine Frage der Wandlerkonstruktion selbst und der räumlichen Anordnung der Wandler in der Zelle. Die inneren und äußeren Kräfte dürften sich geometrisch zusammensetzen.

Zusammenfassung.

Der Stromwandler ist ein sehr wichtiger Bestandteil elektrischer Anlagen und gewinnt immer mehr an Bedeutung. Gerade an ihn werden vielfach äußerst harte Bedingungen gestellt. Einerseits sollen Wandler durchaus kurzschlußfest sein, anderseits aber aus meß- und schutztechnischen Gründen auch bei sehr kleinen Nennstromstärken hohe Nennleistung und Meßgenauigkeit aufweisen. Zwei Forderungen, denen nicht immer entsprochen werden kann, und zwar weniger aus technischen Gründen als aus wirtschaftlichen.

Die Stromversorgung des Straßenbahnnetzes der Stadt Frankfurt a. M.

Von F. Lenz, Frankfurt a. M.

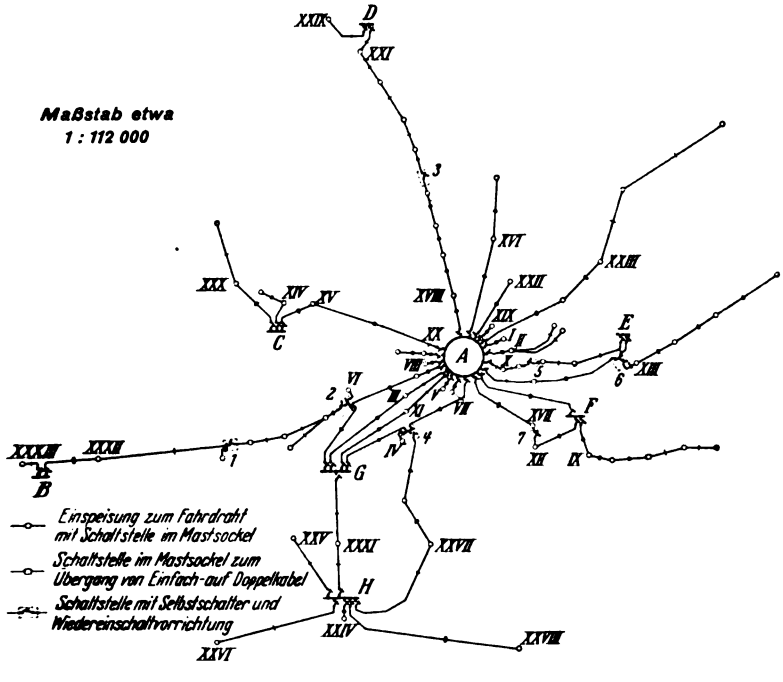
621. 316. 12 : 625. 62

Übersicht. Über die in den letzten Jahren vorgenommenen Ausbauten und Ergänzungen der Umformungs- und Verteilungsanlagen für die Stromversorgung der Frankfurter Straßenbahn wird berichtet.

Der Schwerpunkt des Straßenbahnverkehrs der Stadt Frankfurt a. M. liegt an der Hauptwache (Schillerplatz). Von diesem Punkt aus hat sich das Straßenbahnnetz strahlenförmig entwickelt; mit dieser Entwicklung mußte auch das der Stromversorgung dienende Kabelnetz Schritt halten.

Die Versorgung der Straßenbahn mit Gleichstrom von 600 V Spannung geschah ursprünglich durch ein im Jahre 1898 unter dem Schillerplatz errichtetes unterirdisches Umformerwerk, das mit Einphasen-Synchronmotorgeneratoren von 45,3 Hz ausgerüstet war und bis zur Umstellung des Netzes auf Drehstrom von 50 Hz eine eingebaute Leistung von 4200 kW hatte.

Mit dem Wachsen des Verkehrsnetzes und mit dem Vortreiben einzelner Linien an den Rand der Stadt und in die Vororte wurde zunächst an der Art der Speisung grundsätzlich nichts geändert. Um die Spannungsabfälle auf den teilweise beträchtlich langen Strecken nicht zu groß werden zu lassen, wurden von den ursprünglichen Speisepunkten aus weitere Kabel parallel zu den Strecken verlegt und an geeigneten Stellen, den sogenannten Parallelspeisepunkten, mit der Fahrleitung verbunden. Dabei wurden Einleiterkabel mit den Querschnitten von 240 oder 300, teilweise auch 400 mm² verwendet; wo es nötig schien, wurden zwei derartige Kabel parallel geschaltet. Es entstand so ein Kabelnetz, welches mit dem Schillerplatz als Mittelpunkt radial nach allen Seiten ausstrahlte (Abb. 1). An diesem Netzbild änderte auch die im Jahre 1912 im Kraftwerk I erfolgte Aufstellung von zwei Gleichstromturbogeneratoren nichts, die mit Erzeugern für Einphasenwechselstrom gekuppelt waren. Diese Anlage wurde



A Schillerplatz
B Griesheim
C Bockenheim
D Eschersheim
E Ostpark
F Sachsenhausen
G Werk I
H Oberforsthaus

Schaltschränke:
1 Rebstöcker Straße
2 Güterplatz
3 Dornbusch
4 Blücherplatz
5 Allerheiligen Tor
6 Hanauer Landstraße
7 Lokalbahnhof

Speisepunkte:
I Große Friedberger Straße
II Zeil—Sandweg—Thüringer Straße
III Kaiserstraße
IV Blücherplatz
V Neue Mainzer Straße
VI Mainzer Landstraße
VII Hauptwache
VIII Roßmarkt
IX Offenbacher Landstraße
X Braubachstraße
XI Kronprinzenstraße
XII Wendelsplatz
XIII Hanauer Landstraße
XIV Kurfürstenplatz—Rödelheimer Landstraße
XV Bockenheimer Warte
XVI Eckenheimer Landstraße—Hauptfriedhof
XVII Dreieichstraße
XVIII Baustraße—Eschersheimer Landstraße
XIX Schillerstraße
XX Steinweg—Opernplatz
XXI Lindenring
XXII Koselstraße
XXIII Schellingstraße
XXIV Oberforsthaus
XXV Frauenhof
XXVI Goldstein—Schwanheim
XXVII Riedhof
XXVIII Oberschweinstiege—N.-Isenburg
XXIX Nidda-Brücke
XXX Hausener Landstraße
XXXI Sandhöfer Allee
XXXII Waldschulstraße
XXXIII Nied

Abb. 1. Übersichtsplan des Straßenbahn-Kabelnetzes.

Digitized by Google

lediglich durch starke Kabelverbindungen über die Speisepunkte Kaiserstraße, Kronprinzenstraße, Güterplatz und Blücherplatz mit dem etwa 3 km entfernten Schillerplatz verbunden.

Solange die Belastung durch den Straßenbahnverkehr in gewissen Grenzen blieb, machte der Betrieb des oben geschilderten Netzes keine Schwierigkeiten. Man kam mit Einstellungen der Überstromauslösung der Selbstschalter auf 500 bis 600 A aus und konnte damit auch entfernter liegende Kurzschlüsse erfassen. Mit dem Wachsen des Verkehrs war es nach und nach notwendig geworden, die Selbstschalter immer höher, teilweise auf 1500 bis 2000 A, d. h. auf etwa das Doppelte ihrer Nennstromstärke einzustellen, um unnötige Auslösungen zu vermeiden, die bei den langen Strecken durch die betriebsmäßig auftretenden Stromspitzen bei dichter Zugfolge verursacht wurden.

Damit stellten sich aber gewisse Schwierigkeiten ein. Eine äußerst unangenehme Störung im April 1928 machte darauf aufmerksam, daß an einzelnen Stellen des Netzes der Kurzschlußstrom durch den Widerstand der Hin- und Rückleitung derart gedämpft wurde, daß er zur Auslösung der Schalter am Anfang der Strecke nicht mehr ausreichte.

Von dem Speisepunkt Güterplatz, der vom Kraftwerk I und vom Umformerwerk Schillerplatz, also zweiseitig gespeist wird, ging eine Stichleitung aus; die in Abb. 1 ersichtliche Gleichrichteranlage Griesheim (wie die übrigen Gleichrichterwerke lediglich durch eine Sammelschiene dargestellt) war damals noch nicht vorhanden. Am Ende dieser Stichleitung schlugen in dem Speisemast die Zuleitungskabel durch, die von den im Fuße des Mastes befindlichen Kabelanschlußklemmen zur Oberleitung führen, und brannten ab, ohne daß einer der beiden Selbstschalter im Kraftwerk I oder im Schillerplatz auslöste. Das Kabel wurde thermisch derart überbeansprucht, daß es gleichzeitig noch an einer anderen Stelle im Erdboden durchschlug. Bei der genauen Untersuchung ergab sich die Notwendigkeit, eine Strecke von mehreren hundert Metern auszuwechseln, weil deren Isolation unbrauchbar geworden war.

Um ähnliche Vorkommnisse zu vermeiden, wurde diese Stichleitung deshalb durch den Einbau eines Selbstschalters mit Wiedereinschaltvorrichtung geschützt, der mit den erforderlichen Trennschaltern für die Kabel in einem Schrank aus Eisenblech untergebracht wurde und in der Nähe des Speisepunktes am Rande des Bürgersteigs Aufstellung fand (Abb. 2). Eine Nachrechnung der Netzverhältnisse ergab die Notwendigkeit, an zwei ähnlichen Knotenpunkten, und zwar am Blücherplatz und in der Hanauer Landstraße, ebenfalls derartige Schalteinrichtungen zum Schutze der abgehenden Stichleitungen aufzustellen. Durch den Einbau dieser Schalter war gleichzeitig eine Unterteilung der verhältnismäßig großen Speisebezirke erfolgt, die im Interesse einer schnelleren Eingrenzung von Fehlern wünschenswert war.

Infolge der erheblichen Zunahme der Belastung genügte die vorhandene Leistung der Umformer- und Stromerzeugungsanlagen nicht mehr. Man war gezwungen, Erweiterungen vorzunehmen. Dabei entschloß man sich zu einer Dezentralisierung der Gleichstromumformung und zur Errichtung einer Anzahl kleinerer Unterwerke an langen Ausläuferstrecken und in den äußeren Stadtbezirken, die einen besonders dichten Verkehr aufwiesen. Die Voraussetzung hierzu war gegeben, nachdem durch Umstellung des ehemaligen 3 kV-Einphasennetzes auf 5000 V Drehstrom und durch Überlagerung eines leistungsfähigen 30 kV-Netzes an den für die Errichtung der Unterwerke geeigneten Stellen entsprechende Drehstromleistungen zur Verfügung standen. Man entschloß sich zu Quecksilberdampf-Gleichrichtern und machte sich die Vorteile des Gleichrichterbetriebs dadurch zunutze, daß man die Anlagen vom Schillerplatz aus selbsttätig fernsteuerte.

In den Jahren 1925/26 waren bereits die Synchronumformer im Schillerplatz durch 6 Gleichrichtergruppen von je 600 kW ersetzt worden. Dadurch wurde eine erhebliche Verbesserung des Betriebs erzielt, da die Einphasensynchronmotoren bei jeder größeren Spannungsschwankung außer Tritt fielen und man dann u. U. 15 bis 20 min benötigte, um sie wieder parallel zu schalten. Gleichzeitig besserte sich dadurch die Wirtschaftlichkeit der Umformung durch den höheren Wirkungsgrad (78 bis 80 % auf etwa 92 %) der Gleichrichter gegenüber dem der Umformer.

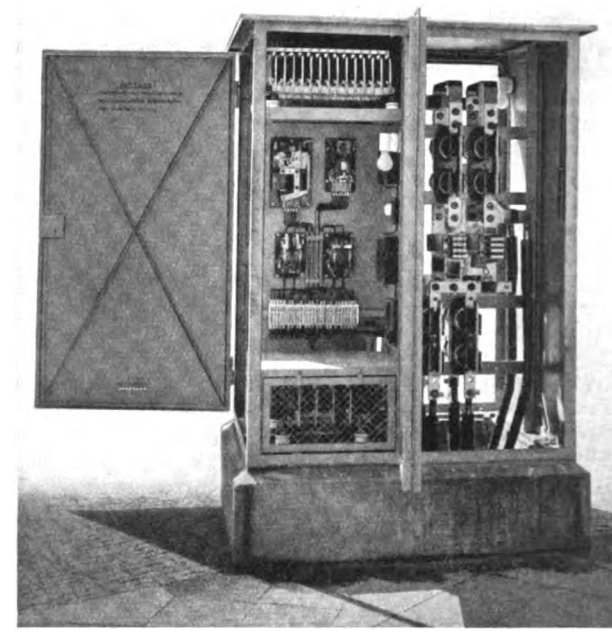


Abb. 2. Ansicht eines Schaltschrankes.

Im Anschluß daran wurden bis zum Jahre 1930 noch insgesamt 5 weitere bedienungslose Gleichrichteranlagen gebaut, über die früher bereits ausführlich berichtet wurde[1]). Im vergangenen Jahr wurde dieser Ring von Gleichrichterwerken durch die gittergesteuerte Glasstromrichteranlage Griesheim mit einer Leistung von 2×325 kW (vorgesehen für 3×325 kW) bei 650 V geschlossen. Hiernach beträgt die insgesamt eingebaute Gleichrichterleistung zur Zeit 8800 kW. Außerdem stehen noch die bereits oben erwähnten Turbogeneratoren von je 1500 kW Leistung zur Verfügung, die jedoch wegen des unwirtschaftlichen Betriebs dieser Maschinensätze nur bei besonderen Anlässen eingesetzt werden.

In diesem Zusammenhang sei kurz auf einige Ergänzungen der bedienungslosen Gleichrichteranlagen eingegangen, die sich im praktischen Betrieb als zweckmäßig herausgestellt haben. Ursprünglich war daran gedacht worden, zu Zeiten schwacher Last die Außenwerke stillzusetzen. Es hat sich gezeigt, daß das mit Rücksicht auf die Spannungsverhältnisse nur in wenigen Nachtstunden möglich ist. Tagsüber fahren alle Unterwerke mit der Anlage Schillerplatz und damit auch untereinander parallel und decken damit die Grundlast des Netzes. Dabei ergeben sich geringe Fortleitungsverluste und gute Spannungsverhältnisse auch an den Ausläufern. In der Belastungsspitze werden hauptsächlich Gleichrichtergruppen am Schillerplatz eingesetzt und nach Bedarf auch in den Außenstationen. Da die wichtigsten Verkehrslinien den Schillerplatz berühren, entsteht dort im Mittelpunkt der Stadt eine Zusammenballung des Verkehrs, die entsprechende Strombelastungen bringt.

Die bedienungslosen Gleichrichterwerke sind für vollselbsttätigen Betrieb eingerichtet. Die zweite Gleichrichtergruppe in diesen Anlagen war nicht nur als reine

[1]) ETZ 52 (1931) S. 819.

Digitized by Google

Reserve gedacht, da die einzelnen Werke durch den Parallelbetrieb über die vorhandenen starken Speisekabel gewissermaßen gegenseitig Reserve stehen, sondern sie sollte auch betriebsmäßig in den Hauptbelastungszeiten zur Stromlieferung herangezogen werden.

Die Fernsteuereinrichtung, die ursprünglich nur einen „Ein"- oder „Aus"befehl an die führende Gleichrichtergruppe gab, wurde derart ergänzt, daß jeder Gleichrichtersatz einzeln gesteuert werden kann. Gleichzeitig wird durch einen Hilfskontakt am Ölschalter der Schaltzustand der Gleichrichtergruppe zurückgemeldet. Dabei ist der selbsttätige Ablauf und die damit verbundene Überwachung des Einschaltvorganges unverändert beibehalten worden; es ist jederzeit möglich, durch Umstecken der vorhandenen Wahlstecker wieder auf den vollselbsttätigen Betrieb der Anlage überzugehen.

Aus Gesichtspunkten heraus, die in der bereits erwähnten früheren Veröffentlichung eingehend erläutert sind, hatte man die bedienungslosen Anlagen mit einer selbsttätigen Spannungsregelung und Strombegrenzung versehen. Diese Einrichtung arbeitete an sich einwandfrei. Um unnötige Regelvorgänge zu vermeiden, hatte man darauf verzichtet, die höchsterreichbare Genauigkeit der Regelung auszunutzen. Dabei wurde aber ein Hauptzweck dieser Einrichtung, hochspannungsseitige Spannungsänderungen auszugleichen, nicht mehr in dem gedachten Maße erreicht. Am unangenehmsten war die durch das Konstanthalten der Spannung bedingte starre Lastverteilung. Durch Änderung der Spannung am Schillerplatz konnte man wohl die Verteilung der Last zwischen Schillerplatz einerseits und allen übrigen Unterwerken anderseits beeinflussen. Die Belastungen der einzelnen Anlagen hatte man aber nicht in der Hand. Deshalb wurde die selbsttätige Regelung abschaltbar und die Regelstufen-Schalterantriebe ebenfalls auf Fernsteuerung vom Schillerplatz aus umschaltbar gemacht. Dabei wurde diese Fernsteuerung mit den einfachsten Mitteln ausgeführt. Genau wie bei der selbsttätigen Regelung wirkt sie auf sämtliche Regelschalter einer Anlage gemeinsam, da eine beliebige Verteilung der Last der Gleichrichtergruppen einer einzelnen Anlage untereinander nicht notwendig ist. Durch die von der selbsttätigen Regelung übernommene Synchronlaufeinrichtung wird eine übereinstimmende Stellung der Stufenschalter aller Gruppen und damit eine gleichmäßige Lastverteilung unter den Gleichrichtern eines Werkes erzwungen. Auf eine Fernanzeige der Gleichspannung, ebenso auf eine Rückmeldung der jeweiligen Stufenstellung wurde verzichtet. Die Regelschalterantriebe werden im Schillerplatz lediglich durch eine Lauflampe überwacht. Die Anlagen werden nach einem im voraus festgelegten Lastfahrplan nach den Angaben der Leistungsfernmessung gefahren. Hierbei werden verhältnismäßig wenig Regelvorgänge im Verlauf eines Tages erforderlich.

Bei Unregelmäßigkeiten oder Störungen in der Fernsteuerung und Fernüberwachung ist es möglich, auf einfachste Weise durch einige Umschalter den vollen selbsttätigen Betrieb der Anlagen wieder aufzunehmen und sie dann genau wie früher gewissermaßen sich selbst zu überlassen. Die Notwendigkeit hierzu ist bisher allerdings nur in ganz vereinzelten Fällen aufgetreten.

Die Einführung der verteilten Speisung brachte außer der Verbesserung der Spannungsverhältnisse gleichzeitig noch den Vorteil einer weiteren Unterteilung der Speisebezirke. Diese Unterteilung ergab sich dadurch, daß bei dem Bau der einzelnen Anlagen die vorhandenen Gleichstromspeisekabel ein- und ausgeführt und über Selbstschalter mit Wiedereinschaltvorrichtung auf die Sammelschienen geschaltet wurden. Dabei war es möglich, mit verhältnismäßig geringen Neuverlegungen an Kabeln auszukommen.

Da trotzdem einige Speisebezirke im Hinblick auf eine möglichst enge Eingrenzung von Fehlern und schnelle Behebung von Störungen noch unerwünscht groß waren, wurden in letzter Zeit noch einige weitere Netzkuppelschalter eingebaut. Diese Einrichtungen wurden in gleicher Weise ausgebildet wie für die obenerwähnten, an Knotenpunkten eingebauten Selbstschalter, die sich in mehrjährigem Betrieb durchaus bewährt hatten.

Eine derartige Schaltstelle ist auf Abb. 2 zu sehen. Sie enthält auf der einen Seite die ankommenden Kabel mit Trennschaltern und Sammelschienen, auf der anderen Seite, durch Blechwände getrennt, den Selbstschalter und die Relais für die Wiedereinschaltung und Kurzschlußprüfung. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß es möglich ist, den Selbstschalter durch ein Trennmesser zu überbrücken und ihn durch Ziehen weiterer Trennmesser einschließlich der Selbstschalteinrichtung spannungslos zu machen. Die Schalteinrichtungen können dadurch jederzeit untersucht werden, ohne vorher zeitraubende Schließungen im Netz machen zu müssen. Um die einzelnen Teile gut zugänglich zu machen, sind auf allen Seiten des Schrankes reichlich Türen vorgesehen. Trotzdem dieser Umstand eigentlich selbstverständlich erscheint, war er bei den ersten fertig zusammengebaut bezogenen Einrichtungen nicht genügend berücksichtigt worden, so daß sie später zum Zwecke einer einfachen und gefahrlosen Wartung nach den in der Zwischenzeit gesammelten Erfahrungen umgeändert wurden.

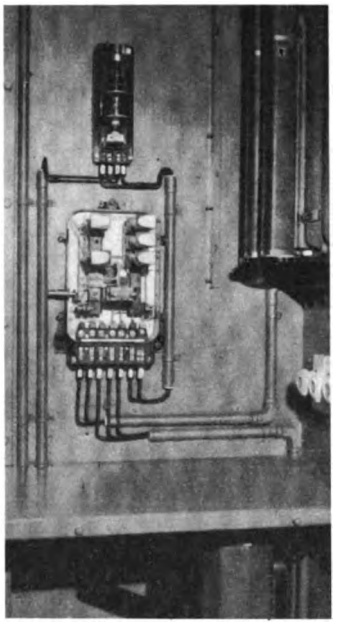


Abb. 3. Wiedereinschaltvorrichtung eines Kuppelschalters.

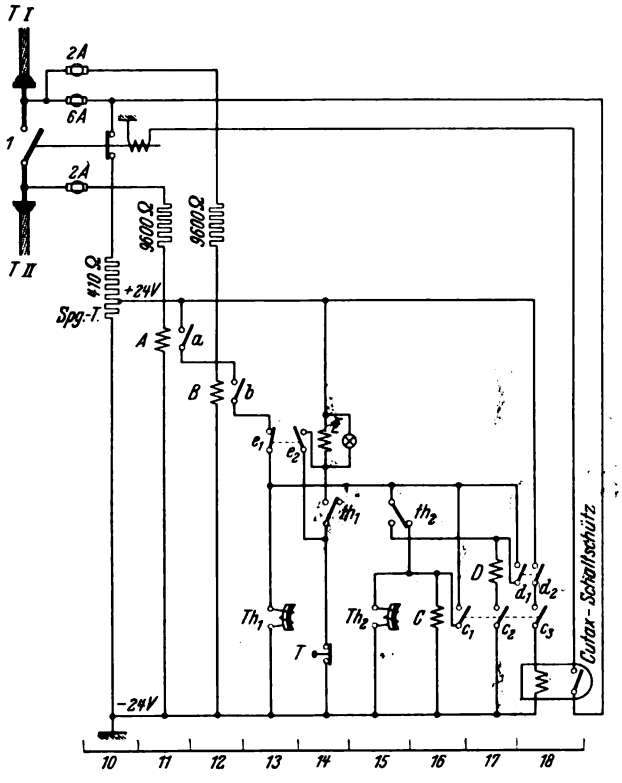
Die Wiedereinschaltvorrichtung arbeitet nach bekannten Schaltungen mit vorheriger Prüfung der Strecke auf Kurzschluß. Dabei wird zwecks Erhöhung der Empfindlichkeit der Prüfung mit niedrigohmigen Prüfwiderständen und Prüfströmen in der Größenordnung von 50 bis 80 A gearbeitet. Die Prüfrelais sind dabei so ausgelegt, daß sie bei Widerständen auf der Strecke von über 1 Ω die Einschaltung freigeben, unter 1 Ω dagegen sperren. Diese Maßnahme hat sich gegenüber hochohmigen Prüfeinrichtungen gut bewährt, da die Wiedereinschaltung einer Strecke auch beim Vorhandensein einer Last von einigen hundert Ampere noch sicher erfolgt und unnötige Blockierungen vermieden werden.

Zwischen dem Schillerplatz und den Anlagen Ostpark und Sachsenhausen besteht jeweils eine doppelte Kabelverbindung. Dabei geht die eine dieser Doppelverbindungen ungeschnitten gewissermaßen als Ausgleichkabel von einer Sammelschiene zur anderen. Das zweite Kabel dagegen speist unterwegs verschiedene Parallelspeisepunkte. In diese Kabel wurden an geeigneten Stellen Kuppelschalter eingebaut, bei denen auf eine Kurzschlußprüfung verzichtet werden konnte. Es genügte hier, nach einem Auslösen dieser Schalter die Kupplung dann wieder vorzunehmen, wenn die Kabel vom Schillerplatz und von dem betreffenden Unterwerk her wieder Spannung führen. Die Wiedereinschaltvorrichtung konnte erheblich vereinfacht werden. Es wurde dabei der Versuch gemacht, Relais aus der Fernmeldetechnik für die Schaltfolge zu verwenden. Diese Relais hatten sich an anderer Stelle als recht zuverlässig erwiesen. Sie sind verhältnismäßig unempfindlich gegen Spannungsschwankungen und Über-

Digitized by Google

lastungen. Die ganze Einrichtung ließ sich in ein Zählergehäuse einbauen. Sie ist ziemlich anspruchslos, wie Abb. 3 zeigt.

Der Wiedereinschaltvorgang wird dadurch eingeleitet, daß ein Öffnungskontakt an dem Selbstschalter einen Spannungsteiler an die Spannung des Bahnnetzes legt, an dem eine Teilspannung von etwa 30 V zur Betätigung der Relais abgegriffen wird.



10 Fällt der Automat *1*, so schaltet sein Ruhekontakt einen Spannungsteiler ein

11 Hat das Kabel *T II* Spannung, so zieht *A* und schließt *a*

12 Hat das Kabel *T I* Spannung, so zieht *B* und schließt *b*

13 Über die Kontakte *a*, *b* und e_1 liegt das Thermorelais Th_1 an Spannung

14 Schaltet der Automat nicht wieder ein (Stromkr. *15—18*) oder fällt er mehrmals nach dem Einschalten sofort wieder heraus, so schließt nach einer gewissen Zeit th_1. *E* zieht, hält sich über e_2 und sperrt die Wiedereinschaltung durch Öffnen von e_1. Die „Gesperrt"-Lampe leuchtet, bis durch den Druckknopf *T* entriegelt wird

15 Th_2 erhält über den Öffnungskontakt th_2 bzw. den Haltekontakt c_1 (siehe *16*) Spannung, schließt nach seiner eingestellten Zeit den Schließkontakt th_2, und erregt damit Relais *D* (siehe *17*)

16 Relais *C* zieht gleichzeitig mit Th_2, hält sich selbst über c_1, bereitet über c_2 und c_3 die Stromkreise *17* und *18* vor. Es verhindert ein Pumpen des Schalters, weil Th_2 nach einem sofortigen Wiederherausfallen des Automaten erst abkühlen und den Öffnungskontakt th_2 schließen muß, bevor der nächste Wiedereinschaltvorgang beginnen kann

17 Relais *D* wird von Th_2 erregt (siehe *15*), hält sich über d_1 und erregt über d_2 das Cutax-Schütz (siehe *18*)

18 Cutax gibt 600 V Gleichstrom auf die Einspule des Automaten, der beim Einschalten den Spannungsteiler abschaltet. Damit fallen *C* und *D* ab. Th_1 und Th_2 gehen in ihre Ruhelage zurück

Th_1 ist auf etwa die 3fache Zeit von Th_2 eingestellt

Abb. 4. Schaltfolge der Wiedereinschaltung eines Kuppelschalters.

Abb. 4 zeigt die Schaltung. Über ein als Zeitelement dienendes Thermorelais wird einige Sekunden nach dem Wiedererscheinen der Spannung an den ankommenden Kabeln ein Einschaltbefehl gegeben. Fällt der Selbstschalter mehrmals unmittelbar hintereinander wieder heraus, so wird die Wiedereinschaltung gesperrt und die erfolgte Sperrung durch das Aufleuchten einer Lampe angezeigt. Durch einen seitlich angebrachten Druckknopf kann die Sperrung aufgehoben werden. Die Einrichtung hat seit ihrer Inbetriebsetzung ohne Störung gearbeitet.

Die Überwachung dieser Schaltstellen geschieht im Verlauf der regelmäßigen Revisionsfahrten durch alle unbesetzten Unterwerke in Abständen von 2 bis 3 Tagen. Dabei wird mittels angebauter Zählwerke festgestellt, ob der Schalter in der Zwischenzeit geschaltet hat. Ist das mehrere Tage nicht der Fall gewesen, so wird durch Versuchsschaltung festgestellt, ob die Einrichtung in Ordnung ist. Es hat sich gezeigt, daß diese Überwachung genügt, um einen einwandfreien Zustand der Anlagen zu gewährleisten. Unangenehm ist dagegen, daß keine Fernmeldung für das Auslösen und Blockieren dieser Schaltstellen besteht. Bei einer Störung auf einer derartigen Strecke ist man auf die Meldungen des Fahrpersonals der Straßenbahn angewiesen, wodurch eine Verzögerung von 10 bis 20 min bis zum Ausrücken des Störungsdienstes entstehen kann. Deshalb ist beabsichtigt, diese Schaltstellen in nächster Zeit an das vorhandene Meldekabelnetz mit anzuschließen.

In den Sockeln der Speisemaste befinden sich Trennstecker zum Abtrennen des Fahrdrahtes und Auftrennen der einzelnen Kabelstrecken eines Speisebezirkes. Bei den zweiseitig gespeisten Strecken genügten diese Einrichtungen in der vorhandenen Form nicht mehr. Sie wurden durch Einfügen eines Quersteckers unter gleichzeitiger Verbesserung der Isolationsverhältnisse so umgeändert, daß man die in einem Speisemast ankommenden Kabel bei gezogenen Fahrdrahtstreckern durchverbinden und außerdem den Fahrdraht beliebig auf das eine oder andere Kabel schalten kann. Grundsätzlich wurde jedes Kabelende an eine Steckvorrichtung angeschlossen, damit in Störungsfällen ein schnelles Abtrennen und Durchmessen der einzelnen Kabellängen zwischen den Speisemasten möglich ist.

In dem bereits anfangs erwähnten Speisebezirk Mainzer Landstraße traten elektrolytische Zersetzungen der Gleichstromkabel auf, die durch die metallischen Schutzverbindungen der Speisemastsockel und damit auch der Kabelbleimäntel mit den Fahrschienen bedingt waren. Die Kabelmäntel nehmen dadurch Schienenpotential an. Wie eingehende Messungen und Untersuchungen[2]) zeigten, traten an gewissen Stellen Ströme aus dem Bleimantel aus und wanderten zur gutleitenden Wasserleitung ab. Diese Erscheinungen waren dort festzustellen, wo das durch den Spannungsabfall der Rückleitungsströme bedingte Potential der Schienen positiv gegenüber der Wasserleitung ist, deren Potential man als feststehend betrachten kann. Die Größe der abirrenden Ströme hängt dabei ab von der Höhe des Potentialunterschiedes, der Bodenbeschaffenheit und der Entfernung zwischen Schiene oder Bleimantel und Wasserleitung. Dabei genügen schon außerordentlich geringe Stromdichten zur Zersetzung des Bleimantels.

Das Ergebnis der eingehenden Untersuchungen war, daß in den Gebieten, wo der Bleimantel positives Potential hat, die metallische Verbindung zwischen ihm und der Fahrschiene aufgehoben werden mußte, um Anfressungen zu vermeiden. Dabei besteht aber die Gefahr, daß bei einem Schluß zwischen Ader und Kabelmantel der Überstromschutz des vorgeschalteten Selbstschalters nicht mehr oder erst dann zum Ansprechen kommt, wenn sich bereits unangenehme Nebenerscheinungen bemerkbar gemacht haben.

In dem vorliegenden Falle wurde deshalb der Selbstschalter mit einer Zusatzeinrichtung versehen, die ihn auslöst und seine Wiedereinschaltung verhindert, wenn der Kabelmantel Spannung annimmt. Die Höhe dieser Spannung ist abhängig von dem Übergangswiderstand Kabelbleimantel—Erdreich. Versuche ergaben, daß bei einem Schluß zwischen Ader und Bleimantel am Ende der gefährdeten Kabelstrecke die Spannung des Bleimantels noch etwa 3,3 V am Anfang des Kabels betrug. Bei einem Kabeldurchschlag am Anfang kann dagegen annähernd die volle Netzspannung auftreten. Dem Ansprechglied der Schutzeinrichtung, das bei etwa 1 V ansprach, wurden Eisenwasserstoffwiderstände vorgeschaltet, wodurch seine

[2]) Korrosion u. Metallschutz 10 (1934) S. 213.

Digitized by Google

Empfindlichkeit auf etwa 2 V sank. Um Beschädigungen des Relais beim Auftreten der vollen Netzspannung zu verhindern, wurde ihm ein Überspannungsableiter parallel geschaltet, der bei 60 V anspricht und die Relaiswicklung kurzschließt, bis sich die Eisenwasserstofflampen erwärmt haben und die Spannung am Relais entsprechend zurückgegangen ist.

Es mußte weiter berücksichtigt werden, daß durch das plötzliche Auftreten und Verschwinden der Bahnbelastungsströme Spannungen in dem Bleimantel induziert werden, die das Relais zum Ansprechen bringen können. Man mußte deshalb die Auslösung verzögern. Ein Vorversuch zeigte, daß die durch einen Zeitschreiber festgestellte Häufigkeit des Ansprechens derart groß war, daß ein normales Zeitrelais die dauernde Beanspruchung wahrscheinlich mechanisch nicht ausgehalten hätte. Es ergab sich weiter, daß eine kurze Zeitverzögerung von etwa 2 s genügte, um mit Sicherheit Fehlauslösungen zu verhindern. Innerhalb dieser kurzen Zeit waren aber keine erheblichen Zerstörungen bei einem Kabeldurchschlag zu erwarten.

Als Zeitelement wurde deshalb ein Schwingungskreis, bestehend aus der Induktivität eines Relais und einem Elektrolytkondensator mit einer Kapazität von 4000 µF vorgesehen, dessen Zeitkonstante durch vorgeschaltete Widerstände von 0,1 bis 3 s veränderlich war. Dieses zweite Relais erregt nach der eingestellten Zeitverzögerung ein drittes Relais mit Quecksilberkontakten, das die Auslösung und Verriegelung des Selbstschalters bewirkt. Durch Druck auf eine Taste kann die Verriegelung aufgehoben werden; eine zweite Taste gestattet, durch eine Hilfsspannung die Einrichtung zum Ansprechen zu bringen, um ihren ordnungsgemäßen Zustand festzustellen.

Auch diese Einrichtung ist aus Relais der Fernmeldetechnik aufgebaut. Durch die Verwendung normaler Bauteile ist sie verhältnismäßig billig geworden. Nach ihrem Einbau wurden im Januar 1934 betriebsmäßig Versuche unternommen. Am Ende des Kabels wurde die Kabelader über einen Widerstand von rd. 4 Ω auf den Bleimantel geschaltet. Hierbei floß von der Ader zum Bleimantel ein Strom von rd. 110 A. Der Selbstschalter im Schaltschrank Güterplatz wurde dabei ordnungsgemäß mit der eingestellten Zeit ausgelöst. Dieser Versuch wurde mehrmals mit demselben Erfolg wiederholt.

Eine betriebsmäßige Auslösung des Schalters ist bisher nicht vorgekommen, da durch die Entfernung der Verbindungen zwischen Bleimantel und Fahrschiene die Voraussetzungen für weitere Anfressungen des Kabels genommen sind.

Mit dieser Einrichtung ist der Versuch gemacht worden, die Spannungsdifferenz, die beim Durchschlag eines Kabels mit nicht geerdetem Bleimantel zwischen diesem und der Fahrschiene auftritt, zum Schutze des Kabels auszunutzen, und zwar unter Verhältnissen, unter denen der Einbau einfacher Durchschlagspannungssicherungen nachträglich wesentlich umständlicher gewesen wäre und nicht ohne weiteres zum Ziel geführt hätte. Ob sich die Schutzeinrichtung in dieser Form auch an anderen Stellen und in anderen Netzen verwenden lassen wird, hängt von den jeweiligen Verhältnissen ab und dürfte am einfachsten durch einen Versuch an dem verlegten Kabel zu ermitteln sein.

Zusammenfassung.

Nach einem kurzen Überblick über die Entwicklung des Netzes wird ein Bild von dem heutigen Stand der Umformungs- und Stromverteilungsanlagen gegeben. Die Gründe, die zu Ergänzungen der Fernsteuereinrichtungen und damit zu einer Beschränkung der selbsttätigen Arbeitsweise der bedienungslosen Gleichrichterwerke führten, werden erläutert. — Die Kurzschlußverhältnisse wie auch die Notwendigkeit der Unterteilung allzu großer Speisebezirke machten die Aufstellung von Schaltschränken mit Selbstschaltern im Kabelnetz erforderlich. Eine einfache Wiedereinschaltvorrichtung für eine derartige Netzschaltstelle wird beschrieben. Eine Kabelstrecke, bei der wegen der Gefahr elektrolytischer Zersetzungen die Bleimantelerdung aufgehoben werden mußte, wurde mit einer besonderen Schutzeinrichtung versehen, die nach Art der Fehlerstromspule arbeitet.

Quecksilberschaltgeräte zur elektrischen Temperaturregelung.

621. 316. 546 : 621. 364. 07

Die Quecksilberschaltgeräte[1]) spielen bei der Temperaturregelung elektrisch geheizter Geräte in jüngster Zeit eine wesentliche Rolle. Gegenüber den festen Stromschlußteilen zeichnen sie sich dadurch aus, daß der Strom durch das flüssige Quecksilber geschlossen wird, das entweder beide Schaltelektroden bildet, wie in der Kippschaltröhre, oder als Füllung e i n e s Napfes dient, in den eine im Innern der Röhre angeordnete Schaltbrücke eintaucht. Die wichtigsten Merkmale der Schaltröhre sind:

1. Der gasdichte Abschluß des Schaltvorganges von der umgebenden Atmosphäre,
2. die selbsttätige Erneuerung des Kontaktstoffes, der unter Einwirkung des Schaltfunkens teilweise verdampft, um sich an den Innenwandungen der Schaltröhre niederzuschlagen und zu der Hauptmenge zurückzulaufen, so daß sich der Kontaktstoff nicht verbraucht,
3. ein sehr geringer Aufwand von Kraft und Weg zur Auslösung der Schaltbewegung, wobei ein ebenso sicherer Stromschluß durch das Quecksilber erzielt wird wie ein klarer Abriß beim Ausschalten.

Diesen an und für sich idealen Eigenschaften des Quecksilberschalters steht gegenüber, daß die Schaltröhre aus Glas hergestellt ist und infolgedessen als zerbrechlicher Körper von dem Elektrotechniker ungern angewandt wird. Die neuere Entwicklung im Schaltröhrenbau ist gerade diesem Vorurteil gegen die Quecksilber-Schaltröhre durch Verwendung hochwertiger Baustoffe und Ausbau der Herstellungsverfahren erfolgreich entgegengetreten. Nachdem man zunächst die sog. Hartgläser im Schaltröhrenbau eingeführt hatte, ging die Entwicklung weiter zur Verschmelzung der Hartgläser mit keramischen Massen, die einerseits eine bedeutend höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Schaltfunken aufweisen und anderseits die mechanische Festigkeit des Schalters erhöhen. Man hat sogar Schaltröhren ganz aus keramischer Masse hergestellt, doch haben sich diese weniger eingeführt als die Schaltröhren aus Hartglas mit Einschmelzung keramischer Teile, da der Elektrotechniker trotz seiner Abneigung gegen Glas als Apparatebaustoff den wesentlichen Vorteil der Glasröhre nicht vermissen will, den Schaltvorgang im Innern der Röhre beobachten zu können.

Hand in Hand mit der Verbesserung der Baustoffe des Röhrenkörpers geht die Entwicklung der für die Elektroden verwendeten Metalle, so daß es heute möglich ist, die Schaltröhren auch für höhere Leistungen mit starken Elektrodeneinschmelzungen auszurüsten, die gute elektrische Leiter sind.

Nach den Ausführungsformen unterscheiden wir drei Gruppen von Quecksilberschaltern:

1. Die Kippröhren oder Quecksilberwippen,
2. die Drehschaltröhren, welche zur Auslösung des Schaltvorganges um ihre Zylinderachse gedreht werden,
3. Schaltröhren mit innenliegendem Schaltmechanismus, sog. „Magnetschaltröhren".

[1]) Nach einem Vortrag von O. Eberle gelegentlich der Dechema-Hauptversammlung in München, 10. 9. 1936.

Digitized by Google

Während die beiden erstgenannten Gruppen als bekannt gelten dürfen und lediglich hinsichtlich der obengenannten Verbesserung der Baustoffe weiterentwickelt worden sind, ist die dritte Gruppe der Schaltröhren mit innenliegendem Schaltmechanismus eine Errungenschaft der allerletzten Zeit, so daß es angebracht ist, auf diese Bauart näher einzugehen.

Nach der Art der Anordnung der Magnetschaltröhre unterscheiden wir waagerechte und senkrechte Schaltröhren. Beide Arten werden feststehend eingebaut. Bei den waagerechten Magnetschaltröhren ist eine Wippe im Innern des Röhrenkörpers angeordnet, welche durch das Magnetfeld betätigt wird und den Schaltvorgang auslöst.

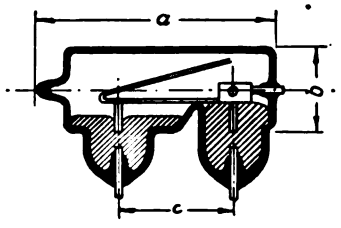


Abb. 1.

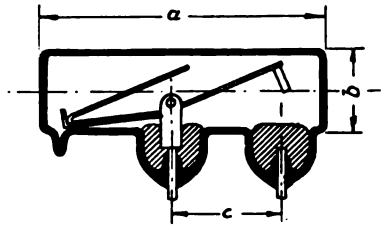


Abb. 2.

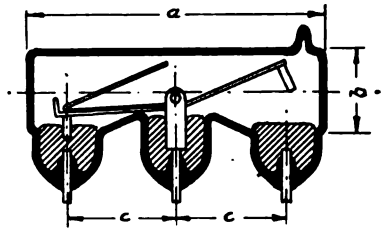


Abb. 3.

Maße der Schalter für 6 A.

	Abb. 1	Abb. 2	Abb. 3
a	52	50	52
b	15	15	15
c	28	20	20

Abb. 1 bis 3. Einige Formen von Quecksilberschaltern; Abb. 3 zeigt einen Umschalter.

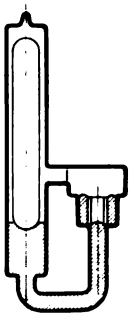


Abb. 4. Schaltröhre mit Tauchkolben.

Abb. 1 zeigt einen Schalter, bei dem die bewegliche Wippe in Ruhestellung die beiden Elektroden überbrückt. Wird das Magnetfeld über der Röhre erregt, so zieht es die Schaltbrücke hoch und öffnet den durch die Röhre gesteuerten Stromkreis. Abb. 2 zeigt den gleichen Schalter in umgekehrter Ausführung, während in Abb. 3 die Schaltröhre als Umschalter ausgebildet ist. Für höhere Leistungen sind die senkrecht angeordneten Tauch- oder Verdrängerröhren gebräuchlich, die entweder als glatte Zylinder mit einem Tauchzylinder im Innern oder als kommunizierende Röhren ausgebildet sind.

In Abb. 4 ist ein solcher Schalter wiedergegeben. Der Tauchkolben sitzt in dem langen Schenkel der Röhre und wird durch ein Magnetfeld nach unten gezogen. Hierdurch steigt der Quecksilberspiegel gleichmäßig in beiden Schenkeln und schließt in dem kurzen Schenkel den Stromkreis durch Vereinigung mit der außerhalb des Steigröhrchens befindlichen Quecksilbermenge. Diese Schalter zeichnen sich durch einen außerordentlich niedrigen Steuerenergiebedarf aus, so daß sie verwendet werden können, wo mit empfindlichen Geberinstrumenten verhältnismäßig hohe Schaltleistungen bewältigt werden müssen. Der wesentliche Vorteil, den die Schaltröhre mit innenliegendem Schaltmechanismus bietet, besteht darin, daß bei einem derartigen Schalter außerhalb der Schaltröhre weder Gelenke noch bewegliche Teile sitzen, die der Atmosphäre und dem Staub ausgesetzt sind, so daß weder Wartung noch Reinigung erforderlich sind.

Die Verwendungsgebiete der Quecksilber-Schaltgeräte bei der Regelung der Temperatur sind sehr mannigfaltig, so daß nur die wichtigsten Ausführungsformen herausgegriffen werden können. Als Wärmefühler ist das Kontaktthermometer ein sehr häufig angewandtes Steuerglied. Es kann für Temperaturen bis + 450 ° C bei verstellbaren Geräten und bis 600 ° C bei fester Einschmelzung verwendet werden. Die Schaltleistung beträgt bei Gleichstrom 1 W, bei Wechselstrom 3 W. Die Kippschaltröhre wird als Bauteil eines Wärmefühlers vor allem beim sog. Stabthermostaten angewandt, der in erster Linie als Temperaturregler für Warmwasserspeicher verwendet wird. Der Regler kann in ein- oder zweipoliger Ausführung für Stromstärken bis zu 50 A gebaut werden. Für Raumtemperaturen kommen vor allem Bimetallspiralen zur Verwendung, auf deren Achse eine Kippröhre befestigt ist. Die dritte Art der Wärmeregler mit unmittelbar betätigtem Quecksilberschalter sind Flüssigkeitsthermostaten, die durch Volumenänderung eines Federungskörpers die Kippröhre bewegen. Das überwiegende Anwendungsgebiet dieser Ausführungsart ist der elektrische Kühlschrank.

Neben den genannten Anwendungsgebieten, bei denen der Temperaturunterschied unmittelbar auf die Schaltröhre übertragen wird, begegnen wir der Schaltröhre auch als Hauptstromschalter bei Anlagen, die mit einem Geber einen Fernschalter betätigen, oder als Zwischenschalter bei sehr hohen Schaltleistungen. In den mit Schaltröhren ausgerüsteten Fernschaltern wird die Bewegung der Röhre meist durch Elektromagneten bewirkt (Fallbügelregler). Die Fernschalter können mit Kipp- oder Drehröhren ausgerüstet werden. In letzter Zeit bevorzugt man vor allem dort, wo die Geberinstrumente nur eine geringe elektrische Belastung vertragen, die Fernschalter, welche mit den oben beschriebenen Schaltröhren mit innenliegendem Schaltmechanismus ausgerüstet sind. Ein Anwendungsgebiet, das hier in Frage kommt, ist die Temperaturregelung elektrisch geheizter Werkzeuge, wie sie beispielsweise bei der Kunstharzpresserei verwendet werden. Um hier mit einem verhältnismäßig leichten Schalter den Heizstrom eines größeren Werkzeuges zu regeln, empfiehlt es sich, den Gesamtwärmeverbrauch des Heizkörpers in der Weise zu unterteilen, daß ein Teil der Heizleistung als Grundlast dauernd abgegeben wird, während zur Regelung nur der restliche Teil dient. Einerseits wird dadurch die Regelanlage weniger kostspielig und anderseits wird eine gleichmäßigere Temperatur im Werkzeug erreicht.

Für den Verbraucher von Quecksilber-Schaltröhren ist es wichtig, die Leistungsgrenzen der Quecksilberschalter zu kennen. Zu diesem Zwecke müssen die Stromstärken, die beim Stromschluß auftreten, genau bekannt sein. Während beim normalen Heizwiderstand die Nennstromstärke des Heizkörpers praktisch der Einschaltleistung entspricht, liegen bei der Schaltung von Magneten, Motoren oder Glühlampen die Verhältnisse wesentlich anders. Es würde aus dem Rahmen der Ausführungen fallen, diese Schaltverhältnisse zu besprechen, doch muß darauf hingewiesen werden, daß der Einschaltstrom oft das 7- bis 12fache des Nennstromes ausmacht. Selbstverständlich ist die Lebensdauer der Schaltröhre gerade von der Beanspruchung im Schaltaugenblick abhängig, da er die stärkste Beanspruchung an den Schalter stellt. Weiter muß ungefähr ein Anhaltspunkt für die Anzahl der Schaltungen in der Zeiteinheit gegeben werden können, um die Schaltröhre richtig zu bemessen. Am besten wird die Auswahl des entsprechenden Schalters dem Fachmann überlassen, der an Hand der Unterlagen ein entsprechendes Muster vorschlägt. In Zahlen mag ein Anhaltspunkt für die Leistungsfähigkeit einer richtig gewählten Schaltröhre die Lebensdauer einer 4 A-Kippröhre ohne Einlage im Kühlschrankbetrieb mit $4 \times 100\,000$ Schaltungen sein. Wenn zum Vergleich die durchschnittliche Leistung eines Trokkenschützes, eines gewöhnlichen Dreh- oder Kippschalters herangezogen wird, so steht der Vorteil, den die Quecksilber-Schaltröhre bietet, außer Zweifel. Einlageröhren guter Bauart kommen noch auf bedeutend höhere Leistung, und für solche Muster darf bei richtiger Auswahl mit 2 Mill Schaltungen gerechnet werden. Bei sachgemäßer Anwendung können die Hg-Schaltgeräte gerade bei der Steuerung elektrisch geheizter Geräte bdeutende Vorteile bieten.

O. Eberle.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

621. 315. 14. 018. 6. 001. 5 **Untersuchung von Schwingungen an Leitungsseilen mittels elektromagnetischer Erregung.** — Wird ein von Wechselstrom durchflossener Leiter in ein Magnetfeld gebracht, so gerät er in sinusförmige Schwingungen, die den Schwingungen entsprechen, denen Freileitungsseile im Betrieb unter dem Einfluß des Windes unterworfen sind. Bei geeigneter Regelung der Frequenz und Stromstärke lassen sich dann die Kräfte messen, die zur Erzeugung und Aufrechterhaltung solcher Schwingungen erforderlich sind. Zur Erregung einfacher sinusförmiger Seilschwingungen wurde eine Anordnung am zweckmäßigsten befunden, bei der gemäß Abb. 1 auf dem mittleren Teil eines mit Gleichstrom erregten, magnetischen Joches eine mit dem Leitungsseil fest verbundene und mit sinusförmigem Wechselstrom gespeiste Spule so aufgebracht ist, daß sie durch die elektromagnetische Wirkung in einer zum Leitungsseil senkrechten Ebene schwingen und dieses dabei in Schwingungen versetzen kann. Zur Speisung der Spule diente die eine Phase des in dem Schaltbild dargestellten Zweiphasen-Wechselstromerzeugers, deren Strom durch einen zweiten Leistungsmesser geleitet wurde. Der Spannungskreis dieses Leistungsmessers war mit der zweiten Phase des Stromerzeugers verbunden. Die Leistungsaufnahme der Spule wurde mit dem ersten und die Blindleistung mit dem zweiten Leistungsmesser bestimmt. Durch passende Regelung des Antriebsmotors konnte die Blindleistungsaufnahme der Spule auf Null gebracht werden. Die Einhaltung dieser Bedingung ist für die günstigste und genaue Messung der in Betracht kommenden, sehr kleinen Leistungen mit der beschriebenen Anordnung sehr wesentlich. Bei einer weiteren, etwas anders gearteten Einrichtung dienten zwei in einer besonderen Gegentaktschaltung angeordnete, gittergesteuerte Elektronenröhren als Erzeuger und Verstärker der unter Vermittlung von Schwingspulen auf dem Mittelteil von zwei magnetischen Jochen eingeleiteten Seilschwingungen. Diese Anordnung erwies sich zwar für genauere Leistungsmessungen ungeeignet, weil die erzeugten Schwingungen nicht rein sinusförmig sind, sondern zahlreiche höhere Harmonische enthalten, jedoch kann sie sehr gut zur Ausführung von Ermüdungsversuchen an Leitungsseilen verwendet werden. An Hohlseilen und in verschiedener Weise verseilten Kupfer- und Aluminiumleitern wurden im Windtunnel Messungen der Frequenz und Schwingungsweiten der stehenden Seilschwingungen bei verschieden hohen Windgeschwindigkeiten ausgeführt, wobei es sich zeigte, daß deren Frequenz ziemlich genau durch die Beziehung: $f = k\,u/d$ ($k = 0{,}195$, u Windgeschwindigkeit in cms^{-1}, d Leiterdurchm. in cm) wiedergegeben wird. Bei im übrigen sonst ungeänderten Verhältnissen wurden sodann mit Hilfe der beschriebenen Einrichtung in ruhender Luft die Leistungen gemessen, die zur Erzeugung elektromagnetisch erregter Schwingungen erforderlich sind. Die Aufhängung der Leiter erfolgte unter Zuhilfenahme besonders durchgebildeter Schneidenlager, deren Leistungsaufnahme bei den Versuchen so gering war, daß sie unbedenklich vernachlässigt werden konnte. Da auch die durch die Luft verursachte Dämpfung der Schwingungen äußerst gering war, konnte aus der Leistungsaufnahme der so zur Schwingung gebrachten Leiter unmittelbar auf die Leistung zurückgeschlossen werden, die diese aus der Windströmung aufnehmen. Bei sonst unveränderten Vergleichsbedingungen wird dasjenige Freileitungsseil schädlichen Schwingungen auf der Strecke am wenigsten unterworfen sein, das bei der elektromagnetischen Erregung die größte Leistung bei einer bestimmten Frequenz und Schwingungsweite aufnimmt. Die Untersuchungen an einem Hohlseil ergaben, daß die Schwingungsleistung verhältnisgleich der Schwingungsweite und für eine gegebene Schwingungsweite auch annähernd verhältnisgleich der dritten Potenz der Frequenz der stehenden Seilschwingungen war. [J. S. Carroll u. J. Koontz jr. u. J. S. Carroll, Electr. Engng. 55 (1936), S. 490 u. 543.]

O. N.

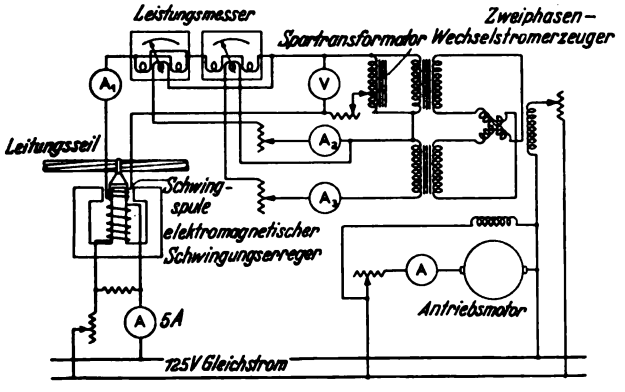


Abb. 1. Elektromagnetische Erregung von Schwingungen an Leitungsseilen.

621. 316. 9. 027. 3 **Erdungs- und Erdschlußprobleme in Hochspannungsnetzen.** — In richtiger Erkenntnis der durch praktische Erfahrungen bewiesenen Überlegenheit einer Erdung des Nullpunktes über Erdschlußlöschspulen gegenüber isoliertem bzw. durch Widerstände oder Blindwiderstände geerdetem Nullpunkt wird in übersichtlicher Darstellung eine Reihe in dem Schrifttum noch nicht festgehaltener Fragen gestreift. — Ausgehend von der an und für sich nicht berechtigten Furcht des Betriebsleiters vor der Erhöhung der Spannung zweier Phasen gegen Erde im Erdschlußfalle und vor etwaigen Spannungserhöhungen nach der Löschung des Erdschlußlichtbogens werden nach den Rechnungsverfahren der symmetrischen Komponenten die Spannungs-, Strom- und Leistungsverhältnisse beim Erdschluß im isolierten und kompensierten Netz untersucht und die Ergebnisse einander gegenübergestellt. Der Einfachheit halber wird zwar nur ein Leitungsstrang betrachtet, wobei außerdem vor und nach der Erdschlußstelle unterschieden wird, doch gelten die Ergebnisse grundsätzlich. Im nicht kompensierten Netz werden die Generatoren kapazitiv mit der doppelten Ladeleistung belastet, welche sich obendrein ungleichmäßig über die drei Phasen verteilt. Von der Erdschlußstelle wird dabei nur die Hälfte als dreiphasige und der Rest als einphasige Leistung den Teilkapazitäten gegen Erde zugeführt. Die ungleichmäßige Belastung der drei Phasen erscheint in der Rechnung als gegenläufige Komponente mit einem gegenläufigen Drehfeld. Im kompensierten Netz brauchen die Generatoren bei Erdschluß keine zusätzliche Leistung mehr zu liefern, und die gegenläufige Belastung ist verschwunden. Die erforderliche einphasige Leistung wird durch die Löschspule zugeführt. — Die Löschung des Lichtbogens ist nach Ansicht des Verfassers noch bei einer Verstimmung der Kompensation bis 30 % bei Netzen bis zu einer Spannung von 50 kV und bis 15 % bei Netzen größerer Spannung zu erwarten. Allerdings ist die Größe des Erdschlußstromes und die Anordnung der Leiter maßgebend. Auf eine zusätzliche Kompensation des Wirkstromes vom Erdschlußstrom, welcher vom induktiven Löschspulenstrom nicht kompensiert werden kann, wird verzichtet, da der Wirkstrom nur 5 bis 10 % des Blindstromes ausmacht. Für das Auftreten von Oberwellen im Erdschlußstrom können Oberwellen in der Netzspannung und solche im Netzstrom die Ursache sein. Für die Spannungsoberwellen bilden die Teilkapazitäten gegen Erde um so kleineren Widerstand, als die Ordnungszahl der Oberwelle größer ist. 1 % Oberwelle 7. Ordnung in der Spannung ergibt somit den 7fachen Betrag im Strom. Erzeuger von Oberwellen in der Spannung sind Generatoren und Transformatoren. Oberwellen im Strom können durch das vorerwähnte gegenläufige Drehfeld im nicht kompensierten Netz hervorgerufen werden. Die Kraftlinien des Drehfeldes induzieren im Läufer Ströme doppelter Frequenz, welche wiederum im Ständer Spannungen 3facher Frequenz erregen, so daß an der Erdschlußstelle ein Strom gleicher Frequenz fließt. Abhilfe ist die Anordnung eines

Digitized by Google

Dämpferkäfigs am Induktor. Ein Unterschied besteht im übrigen noch zwischen Spannungen 3facher Frequenz und Oberwellen der gleichen Ordnung. Diese haben gleiche Richtung und sind auf Sättigungserscheinungen in den Generatoren bzw. Transformatoren zurückzuführen, jene schließen einen Winkel von 120° ein und sind daher aus den verketteten Spannungen zu erkennen. An der Kompensation der Oberwelle beteiligt sich die Erdschlußspule praktisch nicht, da der kapazitive Widerstand des Netzes gegen Erde und der induktive Widerstand der Spule sich gegenüber Oberwellen umgekehrt verhalten. Im Falle der 5. Oberwelle wird nur $^1/_{25}$ oder 4 % derselben kompensiert. Spulen können auch Oberwellen erzeugen, wobei sich jedoch unter Ansatz eines 10prozentigen Magnetisierungsstromes und einer 30prozentigen Magnetisierungsoberwelle nur eine 3prozentige Oberwelle ergibt, und diese Rechnung lediglich für kleine Spulen gilt, da größere geringere Magnetisierungsströme besitzen. Eine Kompensation der Oberwellen ist gelegentlich erforderlich. Der Übergangswiderstand beim Erdschluß ist bei genauer Abstimmung der Erdschlußspule zu vernachlässigen, während er sich bei Verstimmung mehr bemerkbar macht. Sinngemäß wird durch den Übergangswiderstand der Reststrom verkleinert. Der 2phasige Kurzschluß mit Erdberührung ist insofern interessant, als der halbe Erdschlußstrom an der Erdschlußstelle gegenüber dem reinen Erdschluß fließt und sogar von der Spule kompensiert wird. Wenn also in diesem Falle der Erdschluß als Lichtbogenerdschluß auftritt, findet eine Löschung statt, und die Strömung besteht als 2poliger Kurzschluß weiter, welcher von den maßgeblichen Relais erfaßt wird. Die Kopplung zweier Netze über Spartransformatoren ist mit einer metallischen Kopplung identisch. Jedenfalls werden im Erdschluß die Spannungen der gesunden Phasen beider Netze gegen Erde die verkettete Spannung des gestörten Netzes annehmen, was allerdings für das Netz mit der kleinen Spannung als Nachteil anzusehen ist, jedoch bei nur kleinen Spannungsunterschieden zwischen beiden Netzteilen tragbar sein dürfte. Ungünstig ist aber die bei Spartransformatoren fast stets angewandte Sternschaltung, welche in der Erregerwicklung keine Ströme zuläßt, welche die Gegen-AW. zu den AW. des Erdschlußstromes bilden. Infolgedessen verhält sich ein Spartransformator wie eine Drossel und trägt überdies wegen Reihenschaltung mit der Netzkapazität zur Vergrößerung des Erdschlußstromes bei. Deshalb sollten Spartrafos immer mit Dreieckwicklung versehen werden. Bei Transformatoren mit getrennten Wicklungen wird im übrigen bei Erdschluß die Spannungsverlagerung der einen Wicklung nicht auf die andere übertragen, so daß vom Standpunkt der Kompensation des Erdschlußstromes jede beliebige Wicklungsschaltung gewählt werden kann. Für die zum Anschluß der Spulen dienenden Trafos sind am besten solche in Stern-Stern-Schaltung mit Ausgleichwicklung und solche mit Stern-Dreieck-Schaltung geeignet. Die kapazitive Kopplung parallel laufender Leitungen wird durch Einbau besonderer Entkopplungseinrichtungen berücksichtigt. Zur Erdschlußanzeige dienen wattmetrische Erdschlußrelais, die an Stromwandler in Summenschaltung und an Spannungswandler zwischen Netznullpunkt und Erde angeschlossen werden und auf die Richtung der nicht kompensierten Wirkkomponente ansprechen. Ist diese sehr klein, so findet gelegentlich eine künstliche Vergrößerung derselben statt, um eine richtige Anzeige des Erdschlußrelais zu erzielen, und zwar wird ein ohmscher Widerstand zwischen Netznullpunkt und Erde eingeschaltet, welcher je nach den Betriebsverhältnissen entweder dauernd am Nullpunkt liegt oder erst im Erdschluß zugeschaltet wird. Was die Bauart der Spule selbst betrifft, so findet größte Baustoffausnutzung statt, ohne daß die Betriebssicherheit gefährdet wird. Zwecks Herabsetzung der Streuung besteht der Eisenkern aus vielen Paketen. In bezug auf die Verluste spielt die Eisensättigung keine Rolle und wird zu etwa 15 000 Gauß gewählt. Mit Rücksicht auf die Güte der Kompensation bei verschiedenen Betriebszuständen im Netz muß die Wicklung mit Anzapfungen versehen werden. Da Erdschlußspulen nicht durch Netzkurzschlüsse beansprucht werden, ist die Durchbildung eines weitgehenden Anzapfbereiches ohne Schwierigkeiten möglich. Auch die Abstützung der Wicklung ist einfach. Zur dauernden Überwachung der Spule dient ein eingebauter Stromwandler und eine sekundäre Spannungswicklung. Bemerkt sei noch, daß die vom Verfasser angeschnittene Frage der Abstimmung der Löschspule ein einseitiges Bild ergibt. Es wird eine bezüglich der noch einwandfreien Löschfähigkeit der Erdschlußspule gerade eben zulässige Verstimmung empfohlen, um die Nullpunktsverlagerung in kapazitiv unsymmetrischen Netzen zu begrenzen. In der Praxis wird meist der entgegengesetzte Weg beschritten, also eine möglichst genaue Abstimmung erstrebt, wobei eine Nullpunktsverlagerung von etwa 8 % ohne weiteres in Kauf genommen wird, da sie nur einen Schönheitsfehler darstellt. Diese Art der Abstimmung wird in vielen mit Erdschlußspulen ausgerüsteten Netzen mit großem Erfolg angewandt. [A. van Gastel, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 177.] *Bbg.*

Elektromaschinenbau.

621. 313. 015. 3 **Einschaltüberspannungen in elektrischen Maschinen.** — In einer ausführlichen experimentellen Arbeit untersuchen die Verfasser die Verhältnisse beim Einschalten von Hochspannungsmotoren. Den Versuchsergebnissen sind theoretische Überlegungen vorausgeschickt, wobei auch praktisch verwendbare Berechnungsformeln für die wichtigsten Schaltungsarten mitgeteilt werden.

Den Anlaß zur Untersuchung bildete folgende Überlegung. Bei kleinen Motoren wird die Windungsisolation vielfach nach dem Gesichtspunkt der mechanischen Festigkeit gewählt. Bei großen Hochspannungsmotoren ist dagegen allein die elektrische Festigkeit für die Wahl der Isolationsstärke maßgebend. Es muß die Möglichkeit der Gefährdung durch die Einschaltüberspannung zwischen zwei Windungen erwogen werden. Der Ausgleichvorgang, der durch plötzliches Anlegen des Motors an eine auf der Leitung bereits bestehende Spannung eingeleitet wird, unterscheidet sich von einer über die Leitung herankommenden Sprungwelle dadurch, daß im vorliegenden Fall auf der Leitung nur rückwärts laufende Strom- und Spannungswellen entstehen. Die in den Motor eindringende Spannungswelle ist stets kleiner als diejenige Spannung, die vor dem Schaltvorgang auf der Leitung bestand.

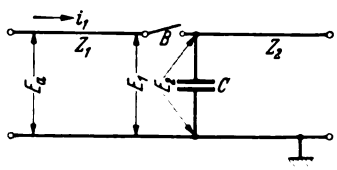


Abb. 2. Einfluß einer Parallelkapazität auf die Gestalt der Spannungswelle beim Einschalten.

Der zeitliche Anstieg und der Höchstwert der Spannungswelle, die in den Motor eindringt, wird für verschiedene Fälle berechnet, insbesondere für das Einschalten des Motors über eine Reiheninduktivität, eine Parallelkapazität vor oder hinter dem Schalter sowie für das Schalten über Schutzwiderstand. Es zeigt sich hierbei, daß die Kapazität nur dann günstig wirkt, wenn sie auf der Motorseite des Schalters liegt, vgl. z. B. Abb. 2, während die Abflachung des zeitlichen Anstieges der Spannung durch eine Induktivität unabhängig davon ist, auf welcher Seite des Schalters sie liegt. Beim Einschalten über Schutzwiderstand kann man es sogar bei bester Wahl dieses Widerstandes nicht erreichen, bei jeder der zwei Schaltstufen eine Spannungswelle von nur 50 % zu erhalten. Am gefährlichsten ist das Einschalten des Motors auf einen Transformator. Die Spannungsanstiegkurve verläuft sehr steil; ihre Form wird meistens durch überlagerte, der Berechnung kaum zugängliche Schwingungen noch weiter verschlechtert (Abb. 3).

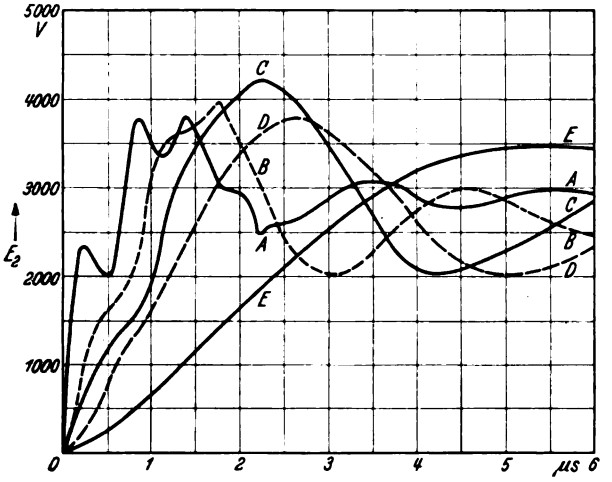
Aus der Anstieggeschwindigkeit der Spannung läßt sich (nach Anhang II zur Arbeit) die Überspannung zwischen zwei Windungen bestimmen, wobei auch die Rückwirkung der Nachbarwindungen berücksichtigt werden muß.

Die experimentellen Kurven zeigen gute Übereinstimmung mit den errechneten Werten. Die vorkommenden Abweichungen sind vor allem darauf zurückzuführen, daß man gezwungen ist, einen konstanten Wellenwiderstand der Maschine in der Rechnung zu benutzen, während er in Wirklichkeit, besonders im Laufe der ersten Mikrosekunde, stark veränderlich ist und z. B. von 200 Ω auf 1000 Ω ansteigen kann. In den Berechnungsbeispielen der Arbeit wurde der höhere Wert benutzt. Demgegenüber nimmt die Maschine in Wirklichkeit mehr Strom auf, wo-

Digitized by Google

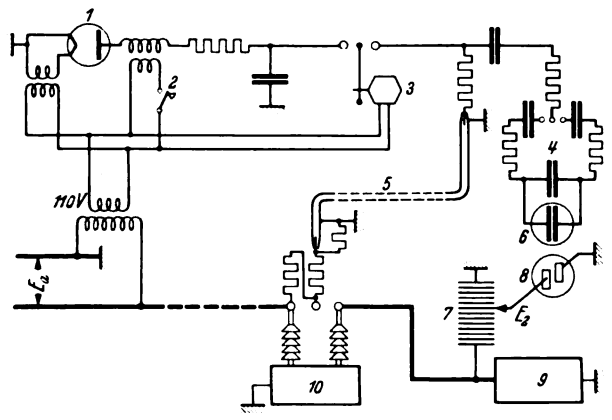
bei der Spannungsanstieg etwas verzögert wird, so daß die Rechnung eine gewisse Sicherheit enthält.

Bei der Entwicklung der Aufnahmegeräte nach Abb. 4 mußte folgendes beachtet werden. Zur sauberen Aufzeichnung des Vorganges durch den Kathodenstrahloszillograph muß die Verschiebung in Richtung der Zeitachse des Oszillogramms schon zu Beginn des äußerst kurzen aufzuzeichnenden Vorganges mit normaler Geschwindigkeit vor sich gehen. In der Prüfschaltung nach Abb. 4 wird der



Linie	C in Mikrofarad	L in Millihenry
A	0,000 72	0
B	0,002 72	0
C	0,004 72	0
D	0,008 72	0
E	0,000 72	1,16

Abb. 3. Spannungsanstiegkurven beim Einschalten auf einen Transformator.



1 Hilfsgenerator	*7* Spannungsteiler
2 Betätigungsschalter	*8* „Spannungssystem" des KO.
3 Synchronmotor	*9* Versuchsmotor
4, 6 „Zeitsystem" des KO.	*10* Schalter
5 „Verzögerungskabel"	

Abb. 4. Versuchsschaltung.

Stoß durch einen Hilfsgenerator ausgelöst und über eine durch Synchronmotor gesteuerte Schaltstrecke im Augenblick des Spannungshöchstwertes weitergeleitet. Der Stoß wirkt dann fast augenblicklich auf das Zeitsystem des Oszillographen, dagegen erst über ein „Verzögerungskabel" auf die Zündstrecke der hierdurch in keiner Weise abgeänderten Hauptstrombahn. Die Spannungsmessung an den Motorklemmen wird mit Hilfe eines kapazitiven Spannungsteilers durchgeführt. Einige gut gelungene Oszillogramme beweisen die Brauchbarkeit der vorgeschlagenen Schaltung. [J. F. Calvert u. F. D. Fielder, Electr. Engng. 55 (1936) S. 376.] *Ti.*

621. 313. 2. 013. 4 **Nutenquerfeld und Stromverdrängung während der Stromwendung bei Gleichstrommaschinen.** — Die Stromverdrängung oder Wirbelstrombildung in den Ankerleitern einer Gleichstrommaschine, welche durch die Stromwendung entsteht, ist von großer Bedeutung, da sie einerseits für die Zusatzverluste der Maschine in erster Linie verantwortlich ist, anderseits aber auch den Spannungsanteil bestimmt, welchen bei dem Stromwendevorgang das Nutenquerfeld zu den im Kurzschlußkreis auftretenden Spannungen liefert. Die bisher bekannten Berechnungen dieser Wirbelstrombildung befriedigen nicht ganz, da sie keine unmittelbare Lösung der Differentialgleichung des Feldes für die eindeutig gegebene Aufgabe enthalten. Von A. Koos wird nun eine solche Lösung abgeleitet, wobei die Rechnung nach zwei Seiten hin eine gewisse Verallgemeinerung erfährt. An Stelle der bekannten Dreieckverteilung des Nutenfeldes eines mit Gleichstrom gespeisten Stabes tritt eine allgemeinere Anfangsfeldform, woraus man bei Behandlung verwickelterer Aufgaben Nutzen ziehen kann, und es gelingt auch, die lineare Zeitfunktion (geradlinige Stromwendung) durch eine rationale ganze Funktion der Zeit zu ersetzen, also die Rechnung auch dann durchzuführen, wenn sich der Leiterstrom z. B. nach einer angenommenen Parabel ändert. Für einen bestimmten Fall werden die Wirbelströme in Ober- und Unterstab einer Zweistabwicklung mit beiden Stromwendungsfunktionen, mit der linearen und mit einer quadratischen, berechnet und miteinander verglichen. In einem Beispiel wird auch die Rechnung mit einem örtlich unstetigen Feld gezeigt. Die Rechnungen gelten nur, wenn die Nut nicht wesentlich breiter ist als der Leiter, d. h. auch in dieser Rechnung ist das Feld nur von einer örtlichen Veränderlichen abhängig. [A. Koos, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 8, S. 502.]

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 314. 224. 08 + 621. 317. 785 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 408[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Stromwandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System $\frac{\square}{34}$, die Formen BAP 10a, BAP 10b, BAP 10c, BAP 10a 2, BAP 10a 1,1, BAP 20a, BAP 20b, BAP 20c, BAP 20a 2 und BAP 20a 1,1, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in **Berlin.**

Berlin-Charlottenburg, den 28. April 1936.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Stark."

Beschreibung[2]).

Die Stromwandler der obengenannten Formen können für die Frequenz 50 Hz, für primäre Nennstromstärken gemäß untenstehender Tafel und für die sekundäre Nennstromstärke von 5 A beglaubigt werden. Die Wandler haben entweder jeweils nur einen Meßbereich oder sie sind primär im Verhältnis 1 : 2 umschaltbar.

Die Wandler der Formen BAP 10a 2 und BAP 20a 2 besitzen zwei Kerne mit je einer Sekundärwicklung. Jeder dieser Kerne kann für eine sekundäre Bürde von 0,6 Ω bei einem thermischen Grenzstrom von etwa dem 100fachen Nennstrom beglaubigt werden. Die Wandler der Formen BAP 10a 1,1 und BAP 20a 1,1 besitzen ebenfalls zwei Kerne mit je einer Sekundärwicklung. Es kann aber nur ein Kern beglaubigt werden, und zwar für eine sekundäre Bürde von 0,6 Ω bei einem thermischen Grenzstrom von etwa dem 100fachen Nennstrom. Bei den Wandlern in Zweikernausführung ist für jeden Kern ein besonderes Leistungsschild vorhanden. Bei den Wandlern der Formen BAP 10a 1,1 und BAP 20a 1,1 wird der nicht beglaubigungsfähige Kern durch ein zusätzliches Schild gekennzeichnet, das die Aufschrift trägt: Dieser Kern ist von der Beglaubigung ausgeschlossen.

Die Prüfspannungen der Wandler entsprechen den vom VDE in den Regeln für Wandler (VDE 0414/1932) festgesetzten Werten. Die Prüfspannung für die Wick-

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 121.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 408. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.

Digitized by Google

lungsprobe der Primärwicklung gegen Sekundärwicklung und Gehäuse beträgt bei den Wandlern mit der Zahl 10 bzw. 20 in der Formbezeichnung 42 kV bzw. 64 kV, entsprechend einer Reihenspannung von 10 kV bzw. 20 kV. Die folgende Tafel gibt eine Zusammenstellung über Formbezeichnung, thermische Festigkeit, Bürde und Meßbereich der Wandler. Der sekundäre Nennstrom beträgt jeweils 5 A.

Formbezeichnung	thermischer Grenzstrom	Bürde Ω	primäre Nennströme nicht umschaltbar	primäre Nennströme umschaltbar
BAP 10a, BAP 10a 2, BAP 10a 1,1 BAP 20a, BAP 20a 2, BAP 20a 1,1	etwa 100 I_N	0,6	5 ··· 500 A	5/10 ··· 200/400 A
BAP 10b, BAP 20b	etwa 100 I_N	1,2	5 ··· 500 A	5/10 ··· 200/400 A
	etwa 150 I_N	0,6	5 ··· 300 A	5/10 ··· 100/200 A
BAP 10c, BAP 20c	etwa 100 I_N	1,6	5 ··· 500 A	5/10 ··· 200/400 A
	etwa 200 I_N	0,6	5 ··· 250 A	5/10 ··· 75/150 A

Die Wandler der obengenannten Formen sind Mehrleiterwandler in Topfform, deren Primärwicklung durch ein U-förmig gebogenes Porzellanrohr geführt ist. Die Enden des Porzellanrohres sind durch eine kräftige Kappe verbunden, an die die primären Zuleitungen angeschlossen werden. Parallel zu den Primäranschlüssen ist ein Schutzwiderstand angebaut. Das Porzellanrohr wird je nach der Wandlerform von einem oder zwei mantelartigen Eisenkernen umschlossen, welche die Sekundärwicklung tragen. Die Kerne befinden sich in einem Gehäuse, das an einer als Befestigungsflansch ausgebildeten Gußplatte angebaut ist. Auf dieser Gußplatte sind eine Erdungsschraube und die Sekundärklemmen angebracht, die durch eine plombierbare Schutzkappe abgedeckt werden.

„Bekanntmachung Nr. 409[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, ist die folgende Stromwandlerform zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihr das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 35, die Form A 20 P 1b Y, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft** in **Nürnberg.**

Berlin-Charlottenburg, den 5. Mai 1936.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Stark."

Beschreibung[2]).

Die Stromwandler der Form A 20 P 1b Y können für die Frequenz von 50 Hz, für primäre Nennstromstärken von 1 bis 300 A, für die sekundäre Nennstromstärke von 5 A, für eine sekundäre Nennbürde von 0,6 Ω und für eine Reihenspannung bis 20 kV beglaubigt werden. Die Stromwandler haben jeweilig primär einen Meßbereich. Die Prüfspannung für die Wicklungsprobe der Primärwicklung gegen Sekundärwicklung und Grundplatte beträgt 64 kV.

Die Wandler der Form A 20 P 1b Y tragen auf ihrem Leistungsschild das Klassenzeichen Kl. 0,2 gemäß den vom Verband Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Regeln für Wandler (VDE 0414/1932). Die Wandler der Form A 20 P 1b Y sind Stützerkopfwandler, die in ihrem äußeren Aufbau den Wandlern der Formen A 20 P 1 Y und A 20 P 1a Y entsprechen[3]).

„Bekanntmachung Nr. 410[4]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Stromwandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 36, die Formen LF 1k und LF 3b, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Koch & Sterzel AG.** in **Dresden.**

Berlin-Charlottenburg, den 12. Mai 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Stark."

Beschreibung[1]):

Die Stromwandler der Formen LF 1k und LF 3b können für die Frequenz 50 Hz, für primäre Nennstromstärken von 5 bis 1000 A, für die sekundäre Nennstromstärke von 5 A und für eine Nennbürde von 0,6 Ω beglaubigt werden. Die Stromwandler haben jeweils primär einen Meßbereich.

Die Reihenspannungen, für die die Wandler bestimmt sind, betragen 1 kV bei der Form LF 1k, 3 kV bei der Form LF 3b. Die Prüfspannung für die Wicklungsprobe der Primärwicklung gegen die Sekundärwicklung und Eisen ist bei der Form LF 1k 10 kV in Übereinstimmung mit dem vom Verband Deutscher Elektrotechniker in den Regeln für Wandler (VDE 0414/1932) festgesetzten Wert, bei der Form LF 3b ist sie 30 kV, während der in den genannten Regeln geforderte Wert 26 kV beträgt. Im übrigen entsprechen die Prüfspannungen den Regeln für Wandler (VDE 0414/1932).

Die Wandler der Formen LF 1k und LF 3b sind Trockenstromwandler in Stützerbauweise. Der Eisenkern vom Schenkeltyp trägt die Sekundärwicklung und darüber die Primärwicklung, die bei Wandlern der Form LF 1k für Nennströme bis 400 A, bei Wandlern der Form LF 3b für Nennströme bis 500 A mehrere Windungen, für höhere Nennströme eine Windung hat. Sie liegt auf einem einteiligen Querlochkörper, der zur Isolation der Primärwicklung gegen die Sekundärwicklung und den Eisenkern dient. Der Querlochkörper besteht bei den Wandlern der Form LF 1k aus Preßmasse, bei den Wandlern der Form LF 3b aus Porzellan; er trägt auch die Primärklemmen. Der Eisenkern ist durch zwei Rohrniete zusammengehalten und mit dem Fuß des Wandlers verbunden, an dem die Erdungsschraube sitzt. Die Klemmen der Sekundärwicklung sind auf dem Sekundärspulenkörper angebracht. Sie können durch eine plombierbare Schutzkappe abgedeckt werden.

„Bekanntmachung Nr. 411[2]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 194, die Formen D 17, ZD 17, M 3 D 17, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft** in **Nürnberg.**

Berlin-Charlottenburg, den 23. Mai 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung:
Gehrcke."

Beschreibung[3]):

1. Meßbereiche.

Die Zähler der Form D 17 sind für solche Mehrphasenanlagen bestimmt, in denen zwei messende Systeme zur Messung der verbrauchten elektrischen Arbeit bei beliebig verteilter Belastung und bei beliebigen Phasenverschiebungen genügen. Sie können ohne Zusatzapparate für Nennstromstärken von 1,5 bis 100 A, für Nennspannungen bis 650 V und für Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden.

In der Ausführung als Doppeltarifzähler ohne eingebaute Umschaltuhr führen die Zähler das Formzeichen ZD 17, in der Ausführung als Dreifachtarifzähler das

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 121.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 409. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[3]) Vgl. Bekanntmachung Nr. 399, ETZ 57 (1936) H. 23, S. 657.
[4]) Reichsministerialblatt 1936, S. 142.

[1]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 410. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[2]) Reichsministerialblatt 1936, S. 146.
[3]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 411. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.

Digitized by Google

Formzeichen M 3 D 17. Die Doppeltarifeinrichtung ist die gleiche, wie sie in der Bekanntmachung Nr. 230 vom 3. Dezember 1926 beschrieben ist[1]). Das Dreifachtarifzählwerk ist so aufgebaut, daß eine um zwei Punkte schwenkbare, vom Zähleranker über Schnecke, Schneckenrad, Übersetzung und Vorgelege angetriebene Antriebsachse abwechselnd mit einem von drei Zählwerken gekuppelt werden kann. Das Zählwerk 1 (für Tarif I) ist eingeschaltet, wenn die beiden vorhandenen Schaltrelais stromlos sind, das Zählwerk 2 (Tarif II) oder 3 (Tarif III), wenn eines der beiden Relais erregt ist. Leerlauf der beiden jeweils nicht eingeschalteten Zählwerke wird durch Schleiffedern verhindert. In zwei Löchern des Zählwerksfensters erscheinen bei Tarif II und III rote Marken, die erkennen lassen, welches der beiden für diese Tarife bestimmten Zählwerke jeweils eingeschaltet ist. Ist keine der beiden roten Marken sichtbar, so ist das Zählwerk für Tarif I eingeschaltet.

2. Wirkungsweise.

Die Zähler bestehen aus zwei übereinander angeordneten Induktionsmotoren. Jede der beiden auf einer gemeinsamen Achse sitzenden Ankerscheiben aus Aluminium wird durch eines der beiden Triebsysteme angetrieben, die obere der beiden Scheiben durch zwei permanente Magnete gebremst. Bei jedem System dient zur Einstellung der 90°-Verschiebung zwischen dem wirksamen Strom- und Spannungsfeld bei induktionsloser Last eine um das Joch des Stromeisens gelegte Wicklung, die über eine mit einer Gleitklemme versehene Drahtschleife geschlossen ist. Der um die Ankerscheibe herumgreifende Rückschlußbügel (für die wirksamen Spannungskraftlinien) des unteren Systems trägt zwei Eisenschrauben, durch deren Betätigung die beiden Systeme auf gleiche Zugkraft abgeglichen werden. Zur Reibungskompensation dient ein an dem Rückschlußbügel drehbar angeordneter Stellhebel. Um den Einfluß von Temperaturänderungen auf die Meßgenauigkeit der Zähler nach Möglichkeit zu kompensieren, sind an den äußeren Polflächen der Spannungseisen kleine Bleche aus einem Werkstoff angebracht, dessen magnetische Durchlässigkeit von der Temperatur abhängig ist. Zur Beseitigung der Drehfeldabhängigkeit, die durch die Streuflüsse der beiden Spannungssysteme entsteht, dient eine Hilfsspule. Zur Verhütung von Leerlauf dient eine an der Achse befestigte eiserne Hemmfahne, die von einem am Spannungseisen sitzenden Streublech angezogen wird.

3. Eigenschaften.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 9,9 bis 11,5 gcm. Sie liefen bei induktionsfreier Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 77 g, die Drehzahl der Zähler zu 26 bis 31 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen belief sich bei 110 und bei 650 V Nennspannung auf etwa 2 × 1,17 W bei der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch in den Hauptstromkreisen betrug bei 5 A Nennstromstärke etwa 2 × 0,35 W und bei 100 A Nennstromstärke etwa 2 × 5,6 W bei der Frequenz 50 Hz.

Elektrisches Prüfamt 6. — Die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 6 in Frankfurt a. M. ist wie folgt erweitert[2]):

Für Wechsel- und Drehstromprüfungen bis 3000 A 45 000 V.

621. 317. 71. 082. 6 **Der kompensierte Thermostrommesser.** — Die Störanfälligkeit von thermischen Meßgeräten, insbesondere von der Art des Thermoumformers, liegt nicht allein auf elektrischem Gebiete, sondern erfordert meist besondere konstruktive Maßnahmen zur Kompensation des Temperatur- und Anwärmefehlers. W. N. Goodwin dehnt die gelegentlich einer Untersuchung an Nebenschlüssen über die Temperaturverteilung in elektrischen, stromdurchflossenen Leitern gefundenen Erkenntnisse auf Thermoumformer aus und leitet die für ihre thermische Kompensation notwendigen konstruktiven Maßnahmen ab.

Die in einem elektrischen, stromdurchflossenen Leiter erzeugte Wärme wird durch Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Konvektion abgeführt. Infolge der durch Wärmeleitung an die Anschlußstücke des Heizdrahtes abgegebenen Wärmemenge tritt eine Temperaturerhöhung dieser Teile ein, die nach Maßgabe des Wärmeverlustes durch Strahlung und Konvektion auf die Temperatur des Heizdrahtes zurückwirkt. Diese Temperaturänderung geht bei Thermoumformern in voller Höhe als Fehler in die Messung ein, wenn keine Mittel zu seiner Kompensation vorgesehen werden. Unter Zugrundelegung von Newtons Gesetz der Abkühlung findet W. N. Goodwin folgende allgemeine Beziehung:

$$\Theta = \Theta_0 - \left[\frac{(\Theta_0 - T_1)\,\mathfrak{Sin}\,(L-x)\,n + (\Theta_0 - T_2)\,\mathfrak{Sin}\,x\,n}{\mathfrak{Sin}\,L\,n}\right]. \quad (1)$$

Hierin bedeuten: Θ die Übertemperatur eines beliebigen Leiterelementes, $\Theta_0 = w/c$ die Übertemperatur dieses Leiterelementes bei Fortfall des Wärmeverlustes durch Leitung, T_1 und T_2 die Übertemperaturen der Anschlußstücke des Leiters, L die Länge des Leiters, x den Abstand des Leiterelementes von dem Anschlußklotz mit der Temperatur T_1, c die je Grad Temperaturerhöhung über die Umgebung in der Zeiteinheit von der Längeneinheit durch Konvektion abgeführte Wärmemenge, k die Wärmeleitfähigkeit des Leitermateriales, a den Querschnitt des Leiters, w die je Längeneinheit dem Leiter zugeführte oder von ihm abgeführte Wärmemenge, $n = \sqrt{\frac{c}{a \cdot k}}$. Der Temperaturverlauf über einen derartigen Leiter ist in Abb. 5 dargestellt.

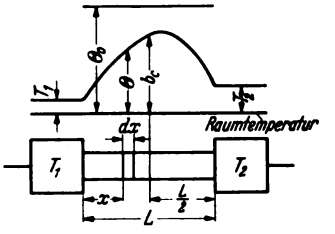


Abb. 5. Temperaturverlauf über einen stromgeheizten Leiter.

In den meisten Fällen interessiert die Temperaturerhöhung des stromdurchflossenen Leiters in der Mitte seiner freien Länge. Hierfür ergibt sich unter Zugrundelegung der Gl. (1), wenn $x = L/2$ gesetzt wird:

$$\left(t_c - \frac{T_1 + T_2}{2}\right) = \left[\Theta - \frac{T_1 + T_2}{2}\right]\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}\,\frac{L\,n}{2}}\right). \quad (2)$$

Ersetzt man in Gleichung (2) Θ_0 durch die elektrischen Größen, so erhält sie nachstehende Form:

$$\left(t_c - \frac{T_1 + T_2}{2}\right) = \frac{I^2 R^2}{8\,k\,p}\left[\frac{2\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}\,\frac{L\,n}{2}}\right)}{\left(\frac{L\,n}{2}\right)^2}\right] - \frac{T_1 + T_2}{2}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}\,\frac{L\,n}{2}}\right). \quad (3)$$

Hierin bedeuten: I den Strom im Leiter, R den Widerstand des Leiters und p den elektrischen Widerstand des Leiters in Ohm je cm³.

Bei sehr kurzen Heizdrähten kann die Konvektion oder die Strahlung gegenüber dem Wärmeverlust durch Leitung praktisch vernachlässigt werden. Damit werden die Größen c und n gleich Null. Gl. (3) nimmt infolgedessen nachstehenden Wert an:

$$\left[t_c - \frac{T_1 + T_2}{2}\right] = \frac{U^2}{8\,k\,p}, \quad (4)$$

worin U den Spannungsabfall am Heizdraht in Volt bedeutet.

Aus dieser Gleichung geht hervor, daß die Temperaturdifferenz zwischen einem Leiterelement und den Enden des Leiters nur noch von elektrischen Größen und Materialkonstanten abhängt. Der Thermoumformer mit thermisch kurzem Heizdraht ist demnach so aufzubauen, daß die heiße Lötstelle des Thermoelementes mit dem Mittelpunkt des Heizdrahtes und die kalte Lötstelle mit dem Anschlußklotz unter Zwischenschaltung einer elektrischen Isolation thermisch gut verbunden sein muß. Der grundsätzliche Aufbau eines derartigen Thermoumformers ist in Abb. 6 dargestellt. Für Thermoumformer mit thermisch langen Heizdrähten gilt die durch Vernach-

[1]) ETZ 48 (1927) S. 326.
[2]) Reichsministerialblatt 1936, S. 166.

Digitized by Google

lässigung der Konvektion gemachte Vereinfachung nicht. Hier wird sich die Anwärmung der Anschlußklötze und des Heizdrahtes nicht gleichmäßig vollziehen. Um diese Verschiebung der Temperaturen auszugleichen, werden die Anschlußklötze durch Metallbänder, die elektrisch isoliert, aber thermisch gut mit diesen verbunden werden, überbrückt. Für diese Bänder besteht die Forderung der thermischen Äquivalenz zu dem Heizdraht. Die kalten Lötstellen des Thermoelementes sind in der Mitte der freien Länge dieser Bänder angeordnet. Die rechnerische Bestätigung dieser Forderung ergibt sich unter Verwendung von Gl. (3), wobei für die Kompensationsbänder der Strom I gleich Null gesetzt wird. Die Differenz der beiden Gleichungen für den Heizdraht und die Kompensationsbänder führt zur Gleichung

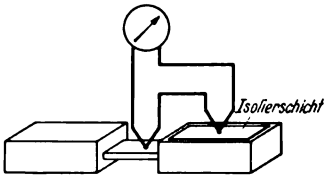


Abb. 6. Thermoumformer mit thermisch kurzem Heizdraht und Temperaturkompensation.

$$t_c - t_c' = \frac{I^2 R^2}{8 k p} \left[\frac{2\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}\frac{L n}{2}}\right)}{\left(\frac{L n}{2}\right)^2} \right]. \qquad (5)$$

Der grundsätzliche Aufbau eines derartigen Thermoumformers ist in Abb. 7 dargestellt.

Infolge des Wärmeverlustes, den der Heizdraht durch die Wärmeableitung über das Thermoelement erfährt, tritt an der heißen Lötstelle eine Temperatursenke ein.

Die Arbeit enthält weiterhin die für die Berechnung der nach den Anschlußklötzen abgeleiteten Wärmemenge erforderlichen Gleichungen. Außerdem wird der Aufbau eines Thermoumformers beschrieben, bei welchem das Thermoelement gleichzeitig Heizdraht ist. Die Mittel zur Temperaturkompensation eines derartigen Thermoumformers sind rechnerisch abgeleitet und das Ergebnis konstruktiv ausgewertet. Thermoumformer dieser Bauart dürften allerdings wenig Bedeutung besitzen, da das Instrument an die am Heizdraht liegende Wechselspannung gelegt wird, was immer störend ist und den Thermoumformer für Gleichstrommessungen unbrauchbar macht. Am Schlusse der Arbeit führt der Verfasser einige Beispiele zahlenmäßig durch und beweist, daß der Wärmeverlust durch Konvektion mit abnehmendem Heizdrahtquerschnitt anteilmäßig an den Gesamtverlusten zunimmt. Verschiedene Kurven geben einen zahlenmäßigen Überblick über diese Verschiebung innerhalb der Wärmeverluste [W. N. Goodwin, Electr. Engng. 55 (1936) S. 23]. *Stk.*

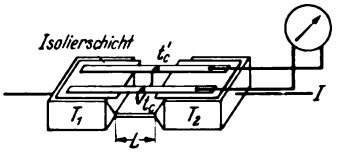


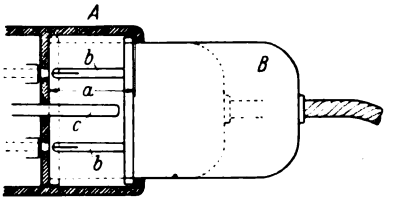
Abb. 7. Thermoumformer mit Temperaturkompensationsbändern.

Installation.

621. 316. 541. 2 **Die Fang-Steckdose.** — Unter dieser Bezeichnung ist eine Steckdose zu verstehen, die es ermöglichen soll, eine Abschaltung durch Herausziehen des Steckers bewerkstelligen zu können, ohne letzteren gänzlich aus der Steckdose entfernen zu müssen, wie dies bei den gebräuchlichen Typen bisher der Fall ist. Der Stecker wird also abgefangen — daher „Fangsteckdose".

Eine solche Bauart bringt Vorteile in der Handhabung von Geräten mit sich. Beim elektrischen Bügeln z. B. muß die Hausfrau öfter ein- bzw. abschalten, wenn die Temperatur des Bügeleisens richtig geregelt werden soll. Ist keine Schaltmöglichkeit am Eisen selbst vorhanden, so muß der Stecker der Anschlußleitung in die Steckdose eingeführt und dann wieder herausgezogen werden. Hierbei wird oft die Anschlußleitung mit Stecker auf den Fußboden geworfen und beschädigt. Bei der Fangsteckdose bleibt der Stecker in der Steckdose; beim Ein- oder Abschalten wird er nur hineingedrückt bzw. herausgezogen.

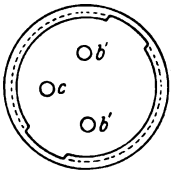
Die Abb. 8 zeigt den Schnitt durch die Fangsteckdose. A ist die Isolierkappe, B der Stecker in Ausschaltstellung. Die Einschaltstellung deutet die punktierte Linie an. Die Kontaktstifte des Steckers sind mit b, der Erdungsstift der Steckdose mit c, die Kontaktlöcher mit b' bzw. c' bezeichnet. Wesentlich ist es nun, daß der Abstand a, der den Hohlraum in der Isolierkappe ausmacht, so bemessen sein muß, daß der aus den Kontaktlöchern herausgezogene Stecker in der Haube gedreht werden kann. Aus der Abb. 9, welche die Steckdose von vorn zeigt, ist ersichtlich, daß dies durch einen Bajonettverschluß erreicht wird. Der Stecker von unten gesehen (Abb. 10) besitzt zwei vorspringende Ansätze, die in die im Rand der Isolierkappe befindlichen Auslassungen, die um 45 ° von der Mittelachse verschoben liegen, passen. Der Stecker wird also von



A Isolierkappe
B Stecker
a Tiefe des Hohlraumes in der Kappe A
b Kontaktstifte
c Erdungsstift

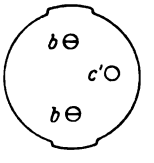
Abb. 8. Schnitt durch die Fangsteckdose.

außen her zwangsläufig in die Steckdose eingeführt, soweit verdreht, bis die Kontaktstifte mit den Löchern übereinstimmen und dann hineingedrückt. Soll abgeschaltet werden, braucht der Stecker nur bis zum Anschlag zurückgezogen werden, er kann also in der Steckdose verbleiben.



b' Kontaktbuchsen
c Erdungsstift

Abb. 9. Die Fangsteckdose von der Stirnseite gesehen.



b Kontaktstifte
c' Kontaktbuchsen für den Erdungsstift

Abb. 10. Stecker.

Der Sockel der Steckdose, also der eigentliche Kontaktteil, erfährt keinerlei Änderung in seiner Bauart, lediglich die Schutzkappe wird umgestaltet. Um also aus einem gewöhnlichen Steckkontakt eine Fangsteckdose zu machen, braucht außer der Neubeschaffung eines entsprechenden Steckers nur die alte Isolierhaube gegen eine neue ausgewechselt zu werden.

Arno Hemprich, Asch.

Verkehrstechnik.

621. 335. 4. 024 (45) **Gleichstrom-Triebwagen der Italienischen Staatsbahnen.** — In Fortführung seiner hier wiederholt besprochenen Mitteilungen über die elektrischen Einheitsfahrzeuge der Italienischen Staatsbahnen[1]) bringt Bianchi eine ausführliche Beschreibung der bis jetzt ausgeführten Gleichstromtriebwagen für 3000 V. Die Fahrzeugabteilung der Staatsbahnverwaltung hat sich seit 1930 mit Entwürfen für mittelschnell und sehr schnell fahrende, teils schwere, teils leichte Triebwagenbauarten für Oberleitungsbetriebe beschäftigt. Man legte sich zunächst auf eine für Nachbarortverkehr bestimmte Bauart mit Wagenkasten der Regelbauweise und auf eine Schnelltriebwagenbauart in Stromlinienform fest. Die letztere ist als dreiteiliger, zwei Jacobsdrehgestelle aufweisender Zug mit I. und II. Klasse sowie Speisewageneinrichtung gedacht. Ein Mittelding bildet ein vierachsiger einteiliger Stromlinienwagen besonders leichter Bauart, der als dritte nur alleinfahrend benutzbare Triebwagenform bearbeitet wurde. Zur Zeit ist nur der in Triebwagenzüge einstellbare schwerere Wagen mit Regelwagenkasten ausgeführt. Die beiden andern folgen später.

Dieser Wagen wiegt betriebsfertig 64 t und hat 66 Sitzplätze III. Klasse, zwei Führerstände an den Enden, ein geräumiges Gepäckabteil und einen Abort. Zwischen den Diensträumen und den Personenabteilen sind zwei

[1]) ETZ 56 (1935) S. 727 und ETZ 57 (1936) H. 1, S. 17.

Digitized by Google

seitlich offene nur durch Gitter abgeschlossene Einstiegräume angeordnet. Die ähnlich gebauten Beiwagen fassen 86 Sitzplätze ohne Gepäckraum. Aus diesen beiden Fahrzeugarten werden Triebwagenzüge mit Zugsteuerung gebildet. Alle Einzelheiten des wagenbaulichen Teils entsprechen den Regelausführungen für Personenwagen der Italienischen Staatsbahnen. Die Höchstgeschwindigkeit ist 120 km/h. Alle vier Achsen werden von Gleichstrommotoren für je 1500 V und 188 kW Stundenleistung, 140 kW Dauerleistung angetrieben. Die Motoren ruhen mit Tatzenlagern auf den Achsen und stützen sich mit Wickelfedern auf die Querverbindungen der Drehgestelle, wobei die einzelnen Federgruppen ausschließlich auf Druck beansprucht werden und zwischen Nasen an den Motorgehäusen und an den Drehgestellen eingespannt sind. An der Ankernabe ist ein doppelter Lüfter befestigt, der die Kühlluft auf zwei getrennten Wegen durch den Anker und zwischen den Magnetpolen hindurchsaugt (reine Eigenlüftung). Die Motorgehäuse sind einteilig. Die Anker laufen mit Rollenlagern in abnehmbaren Lagerschilden. Der einzelne Motor wiegt ohne Zahnradgetriebe 2325 kg.

Die Widerstandsstufen der Steuerung werden durch elektromagnetisch betätigte Schütze geschaltet, die mit den Lokomotivschützen völlig übereinstimmen. Als Richtungswender dient ein mit Druckluft gesteuerter Messerschalter, der den Lokomotivrichtungswendern nachgebildet ist. Bemerkenswert ist die selbsttätige Anfahrsteuerung. Auch diese wird durch eine Druckluftvorrichtung angetrieben. Zwei Beschleunigungsrelais wirken in Abhängigkeit von der Motorstromstärke auf elektromagnetische Ventile, die den Luftzutritt zu einem Differentialkolbensatz steuern. Dieser bewegt sich so lange, als die Relais die Ventile öffnen. Die Hubbewegung wird durch Zahnstange, Getriebewelle und Kegelräder auf die Kontakttrommel des Steuerstromschalters übertragen. Hierdurch werden die Widerstandsschütze so gesteuert, daß dem Fahrzeug die gewünschte fest eingestellte Beschleunigung erteilt wird. Im Führerschalter ist außer den üblichen Hebelstellungen (Vorwärts- und Rückwärtsfahrt sowie Nullstellung) eine weitere Einstellung für Handsteuerung vorgesehen, so daß die selbsttätige Beschleunigungsregelung ausgeschaltet werden kann. Der Führer hat außerdem den Übergang von Reihen- auf Parallelschaltung der Motoren, auch bei selbsttätiger Anfahrt in der Hand. Die verschiedenen Steuerstromschaltungen werden durch eine nicht besonders einfache Verbindung von mechanischen und elektrischen Verriegelungen sowie Überlastauslösern gesichert. Der Steuerstrom von 24 V wird einer Akkumulatorbatterie entnommen. Zu ihrer Ladung dient eine kleine Dynamo, die mit einem der beiden Luftpumpensätze gekuppelt ist. Letztere werden durch 3000 V-Motoren angetrieben. Der eine zu 10 kW, der andere zu 3,5 kW. Die Batterieladung wird durch elektrische Anlaßsteuerung des zugehörigen Luftpumpensatzes sichergestellt. Außerdem ist eine selbsttätige Druckluftsteuerschaltung für die Luftpumpen angeordnet. Muß der eine Pumpensatz zur Batterieladung laufen, so entweicht die etwa überschüssige Druckluft durch ein Sicherheitsventil.

Die elektrischen Ausrüstungsteile außer den Motoren sind teils unter dem Wagenkasten, teils im Führerraum (z. B. das selbsttätige Druckluftschaltwerk und die zur Steuerung gehörigen Relais) untergebracht. Auf dem Dach befinden sich außer den Stromabnehmern der Regelbauart und versuchsweise einer besonders leichten Bauart sowie einer Hörnersicherung die Luftbehälter. Die Zugsteuerungskabel werden von Wagen zu Wagen durch 16-polige Steckdosen verbunden. Außer der Fahrsteuerung werden auch die Nebenstromkreise wie Luftpumpen, Heizung usw. durch Druckknöpfe vom führenden Triebwagen aus ferngesteuert. Der zugehörige Druckknopfkasten wird durch einen Schlüssel so verriegelt, daß er nur in einem Führerstand des Zuges betätigt werden kann. Alle übrigen Ausführungsformen der Triebwagen und ihrer Ausrüstung entsprechen dem üblichen. [Bianchi, Riv. Tecn. Ferr. Ital. 49 (1936) S. 119.] *Tz.*

Fernmeldetechnik.

621. 394. 4 **Ein neues Mehrfach-Telegraphiersystem.** — Der Verfasser berichtet über eine Versuchsanordnung für Mehrfach-Wechselstrom-Telegraphie, die von ihm an der Tohoku Imperial University untersucht worden ist. Das System arbeitet mit 10 Kanälen in dem Frequenzband von 2500 bis 4250 Hz. Es unterscheidet sich damit in seinem Frequenzbereich grundsätzlich von den bisher in Europa verwendeten Mehrfach-Telegraphier-Systemen, die Frequenzen des Sprachbandes (z. B. 18 Kanäle im Bereich von 420 bis 2460 Hz) benutzen. Für die einzelnen Kanäle werden zur Erzeugung der Trägerfrequenzen und zur Verstärkung der Empfangsströme selektive Röhrenschaltungen verwendet, bei denen der Anodenkreis über einen Widerstand mit dem Gitterkreis rückgekoppelt ist. Die einzelnen Frequenzen werden am Anfang der Leitung über einen gemeinsamen Sendeverstärker auf die Leitung geschaltet. Am Ende der Leitung werden sie nicht über Empfangsfilter auf die einzelnen Empfangskanäle verteilt, sondern es wird hierfür eine Röhrenschaltung verwendet, bei der die Frequenzverteilung über im Anodenkreis liegende, in Reihe geschaltete Resonanzkreise, die auf die einzelnen Trägerfrequenzen abgestimmt sind, vorgenommen wird. [Yasusi Watanabe, Nippon Electr. Comm. Engng. (1936) H. 2, S. 121.] *Gtn.*

621. 318. 7. 001. 1 **Elektrische Weiche.** — Eine elektrische Weiche ist eine Siebschaltung mit zwei Eingangsklemmen zur Aufnahme von Wechselstromenergie gemischter Frequenzen und zwei oder mehr Paaren von Ausgangsklemmen zur Abgabe von Energie an eine entsprechende Anzahl von Empfängern, wobei den einzelnen Empfängern nur Energie bestimmter, sich gegenseitig ausschließender Frequenzteilbereiche übermittelt werden sollen.

Solche Schaltungen sind für die elektrische Nachrichtentechnik von großer Bedeutung; auf ihrer Anwendung beruhen die verschiedenen Möglichkeiten der Mehrfachausnutzung der Leitungswege. Im Betrieb wurden solche Schaltungen bis jetzt dadurch verwirklicht, daß man die Eingänge einzelner Bandpässe mit den erforderlichen Durchlaßbereichen, also von Vierpolschaltungen, durch Reihen- oder Parallelschaltung vereinigte. Hierbei ergibt sich der Nachteil, daß die einzelnen Filter sich um so mehr gegenseitig stören, je höherwertig sie hinsichtlich ihrer Durchlaßeigenschaften sind. Dieser Umstand beruht darauf, daß der Kennwiderstand eines Filters im Sperrbereich um so stärkere Schwankungen erfährt, je mehr sein Verlauf zur Verbesserung der Übertragungseigenschaften im Durchlaßbereich geebnet ist. Bei einer Frequenz, der eine Null- oder Unendlichkeitsstelle des Kennwiderstands eines Filters entspricht, wird das Filter der Schaltung, in dessen Durchlaßbereich diese Frequenz fällt, stark gestört.

Der Verfasser greift deshalb in der vorliegenden Arbeit, einer Göttinger Dissertation, das Weichenproblem grundsätzlich neu auf und stellt die Frage, ob sich aus Blindwiderstandsschaltungen, d. h. Schaltungen, die nur aus verlustfreien Kapazitäten und Induktivitäten bestehen, Weichen aufbauen lassen, die gestellte Forderungen mit beliebiger Genauigkeit erfüllen. Diese Forderungen sind hohe Sperrdämpfung, gleichmäßige und kleine Durchlaßdämpfung und steiler Dämpfungsanstieg, d. h. schmaler Übergangsbereich zwischen den ausnutzbaren Durchlaßbereichen.

Die Arbeit beschränkt sich auf Sechspolweichen, d. h. Weichen mit einem Eingang und zwei Ausgängen, da jede Weiche sich aus einer Staffel von ihnen aufbauen läßt. Sie legt der Betrachtung in erster Linie die sogenannte Tief-Hoch-Weiche zugrunde, bei der der gesamte Frequenzbereich sich auf die beiden Ausgänge derart verteilt, daß eine Grenzfrequenz die Durchlaßbereiche beider Ausgänge voneinander trennt.

Die theoretische Behandlung der Frage stützt sich auf die algebraischen und funktionentheoretischen Formulierungen der Arbeiten von W. Cauer zur Filtertheorie. Sie geht aus von der neungliedrigen Widerstandsmatrix des linearen Gleichungssystems, das die drei Spannungen der drei Klemmenpaare in Abhängigkeit von den drei Klemmenströmen darstellt, und es wird gezeigt, daß die genannten Forderungen an eine Sechspolweiche sich mathematisch als näherungsweise Erfüllung bestimmter einfacher Beziehungen zwischen den Elementen dieser Matrix formulieren lassen. Die Erfüllung dieser Forderungen erweist sich als abhängig von dem Vorhandensein zweier Frequenzfunktionen mit bestimmt vorgeschriebenen Eigenschaften.

Die weitere mathematische Behandlung führt zu dem Ergebnis, daß für eine gegebene Grenzfrequenz sich eine Folge von solchen Frequenzfunktionen aufstellen läßt,

Digitized by Google

durch die mit immer steigender Genauigkeit die Forderungen an die Matrix erfüllt werden, wobei allen diesen Matrizen, nach einem Satze von Cauer, herstellbare Blindwiderstandsschaltungen entsprechen, d. h. in unserem Fall Weichen, die immer bessere Eigenschaften zeigen. Natürlich entspricht der höheren Klasse der Schaltung auch eine größere Anzahl der Aufbauelemente.

Der Verfasser zeigt im Schlußkapitel das anzuwendende Verfahren, um eine Tief-Hoch-Weiche mit gegebener Grenzfrequenz und vorgeschriebenen Frequenzbereichen, in denen eine bestimmte Dämpfungsschranke nicht unterschritten werden darf, für gegebene Abschlußwiderstände zu berechnen. Dieses Verfahren ist den Cauerschen Verfahren der Filterberechnung ähnlich. Die einfachsten sich ergebenden Schaltungen sind angegeben, von denen die niedrigste Klasse durch den komplexen Spannungsteiler gebildet wird, d. h. eine Reihenschaltung einer Induktivität und Kapazität. Einer Zahlentafel ist zu entnehmen, welche Schaltung höherer Klasse benutzt werden muß, um dem vorgeschriebenen Dämpfungsanstieg und der nicht zu unterschreitenden Sperrdämpfung zu genügen. Aus der Wahl der Klasse ergeben sich die genannten beiden Frequenzfunktionen und damit die Funktionen der „charakteristischen Matrix", aus denen durch Partialbruchzerlegung und Residuenberechnung die Festsetzung einzelner Teile der Schaltung erfolgt. Ausführlichere Hilfsmittel zur Berechnung von Weichen nach seinem Verfahren will der Verfasser in einer weiteren Arbeit bringen. [W. Brandt, Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936) S. 111.] *Hoe.*

621. 385. 5 **Fünfpol-Schirmröhren.** — Im Gegensatz zu den älteren Schirmgitterröhren kann man bei den neuen Fünfpol-Schirmröhren die Schirmgitterspannung durch einen einfachen Belastungswiderstand erzeugen und braucht kein Potentiometer, da infolge der äußerst geringen Heizleistung der Röhre von etwa 2,5 W gegenüber früher 4,4 W an Stelle der bisherigen Metallgazeanode jetzt eine Vollanode verwendet wird, um auf diese Weise die Gefahr der thermischen Gitteremission zu beseitigen. Die Primärelektronen können nicht mehr durch die Gazeanode hindurchtreten und an der Glaswand Sekundärelektronen auslösen, die früher bisweilen zu unangenehmen Störerscheinungen führten. Die neue Röhre läßt sich dadurch erheblich weiter aussteuern, und die Schirmgitterspannung hat demzufolge die Möglichkeit, sich selbsttätig der Belastung der Röhre anzupassen. Falls eine Konstanz der Schirmgitterspannung erforderlich ist, ist jedoch der Spannungsteiler nach wie vor unentbehrlich. [Die Telefunkenröhre (1935) S. 196.] *Shn.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 317. 755 **Ein Kathodenstrahl-Oszillograph für Innenaufnahme auf umlaufender Trommel.** — G. A. Whipple beschreibt einen Kathodenstrahloszillographen (KO) mit kalter Kathode (Erregerspannung 30 bis 50 kV), bei dem eine mit Film bespannte Trommel von 63,3 cm Dmr. mit 3000 U/min (Umfangsgeschwindigkeit 100 m/s) im luftleeren Raum (Hochvakuum) umläuft. Die Ausführung ist deshalb besonders bemerkenswert, weil der Antrieb der Trommel (Synchronmotor sowie Gleichstrommotor, um die Drehzahl beliebig einstellen zu können) außen angebracht ist, die Welle also gegen den luftleeren Raum abgedichtet sein muß. Die Abb. 11 zeigt die Einführung und Dichtung der Trommelwelle. Zwischen dem Raum höchster Luftleere ($5 \cdot 10^{-5}$ Torr) und dem unter Luftdruck stehenden Raum ist eine Kammer mit geringerer Luftleere ($7 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$ Torr) eingeschoben, so daß die Welle in zwei Stufen abgedichtet ist. Vom Raum höchster Luftleere geht ein Anschlußrohr von 76 mm Dmr. zu einer vierstufigen Quecksilberdampf-Diffusionspumpe. Der Raum geringerer Luftleere ist über ein Rohr mit 33 mm Dmr. an eine zweistufige umlaufende Ölpumpe angeschlossen. Auf diese Weise ist größte Leistungsfähigkeit der Pumpen gewährleistet. Die Dichtung zwischen den beiden Kammern verschiedener Luftleere ist folgendermaßen ausgeführt. Auf der bei *2* etwas unterschnittenen Welle *1* ist ein

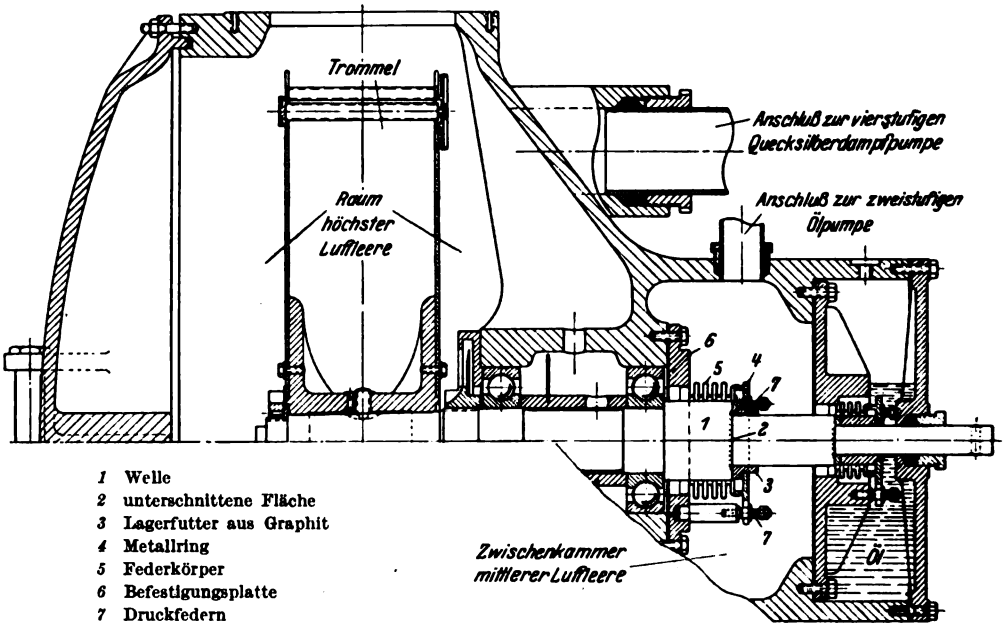


Abb. 11. Dichtung der Welle der Filmtrommel.

Lagerfutter *3* aus nichtporösem Graphit angebracht. Auf ihm schleift der Metallring *4*, der an drei Stellen durch die einstellbaren Federn *7* angepreßt wird. An dem Ring ist der Federkörper *5* angeschweißt, dessen anderes Ende mit der Befestigungsplatte *6* verschweißt ist. Die Zwischenkammer ist gegen den ölgefüllten Raum, der unter Außendruck steht, in gleicher Weise abgedichtet. Diese Dichtungsart hat sich in jeder Weise sehr gut bewährt.

Die Trommel für den Film besteht aus zwei Seitenscheiben, die durch 40 Stahlbolzen außen miteinander verbunden sind. Der 125 mm breite und 2 m lange Film, der über diese Bolzen gezogen wird, bildet also ein 40-Eck, das aber beim Lauf der Trommel mit der hohen Drehzahl unter der Einwirkung der Fliehkräfte zu einer Zylinderfläche wird. Zum Aufziehen des Films ist an einer Stelle zwischen den Stahlbolzen aus zwei mit ihren Breitseiten gegeneinander gestellten U-Eisen ein Schlitz gebildet, in den der Anfang des Films eingeführt wird. Hinter dem Schlitz befindet sich ein geschlitzter drehbarer Bolzen, der einige Male umgedreht wird, wenn der Film eingefädelt ist. Der auf diese Weise am Anfang festgehaltene Film kann nunmehr durch Drehen der Trommel von Hand von der Vorratspule auf die Trommel aufgewickelt werden. Das freie Ende wird dann ebenfalls durch den Spalt in den geschlitzten Bolzen eingeführt und durch Weiterdrehen des Bolzens der ganze Film festgespannt. Zum Einlegen des Films muß der Raum, in dem der KO steht, verdunkelt werden. Die Trommel ist durch eine Tür an dem Gehäuse des KO zugänglich. Selbstverständlich geht beim Aufziehen des Films die Luftleere verloren. Es dauert aber, dank der großen Leistungsfähigkeit der Pumpe, nur 11 min, bis das 113 cdm große Gehäuse wieder luftleer ist. Für einen Filmwechsel sind bis zur neuen Aufnahmebereitschaft im ganzen 16 min erforderlich.

Über dem Gehäuse für die Filmtrommel ist eine auswechselbare Zwischenkammer angeordnet. Die eine Kammer hat an einem Ansatz ein Fenster, durch das die aufzunehmenden Vorgänge auf einem wegklappbaren Leuchtschirm im Trommelgehäuse beobachtet werden können.

Digitized by Google

Die zweite Kammer hat an ihrem unteren Ende eine Aufnahmevorrichtung, in die entweder eine Platte von 6 · 9 cm² oder ein Rollfilm gleicher Größe mit 6 Aufnahmen eingelegt werden kann. Es sind also außer den Aufnahmen auf bewegtem Film auch solche auf feststehender Platte mit elektrischer Ablenkung der Schreibstrahlen in der Zeitachse möglich.

Wie Abb. 12 zeigt, ist die Achse des Entladerohres gegen die Hauptachse des KO etwas geneigt, so daß der Strahl üblicherweise nicht durch die Blende vor der Strahlsammelspule (Konzentrationsspule) fällt. Erst durch Anlegen eines entsprechenden Feldes an die obersten Ablenkplatten wird der Strahl durch die Blende in die Hauptachse des KO geworfen. Bei dieser Art von Vorablenkung soll jede Filmschwärzung vermieden sein.

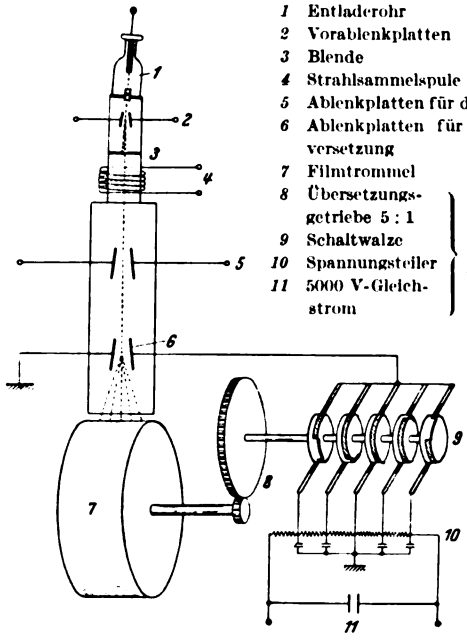


Abb. 12. Grundsätzliche Anordnung des KO.

Der KO ist für die Aufzeichnung der Vorgänge beim Ein- und Ausschalten von Kurzschlüssen in einem Hochleistungsprüffeld vorgesehen. Deshalb reicht auch die Aufzeichnung auf umlaufender Trommel, also mit mechanischer Zeitablenkung, aus. Da bei der vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit des Films von 100 m/s auf den 2 m langen Streifen nur 2 Halbwellen eines Vorganges mit der Frequenz von 50 Hz gehen, die Kurzschlußvorgänge aber wesentlich länger dauern, kann der Film bis zu fünfmal nacheinander beschrieben werden, so daß insgesamt 10 Halbwellen auf einem Filmstreifen erfaßt werden können. Nach jedem Umlauf der Trommel wird hierzu durch ein besonderes Ablenkplattenpaar unmittelbar über der Trommel die Nullinie um einen festen Betrag auf dem Film seitlich verschoben, damit die Vorgänge nicht ineinandergeschrieben werden. Diese Nullinienversetzung wird gesteuert von einer Schaltwalzenanordnung (Abb. 12), die über eine Zahnradübersetzung von der Trommelwelle aus angetrieben wird. Durch entsprechende gegenseitige Einstellung der einzelnen Schaltstücke (Umfang 75 cm) werden an die Ablenkplatten für die Nullinienversetzung nacheinander um je 1000 V verschiedene Spannungen angelegt, die eine 5000 V-Gleichstrommaschine über einen Spannungsteiler liefert.

Der Antrieb des KO ist so vorgesehen, daß noch zwei weitere, genau gleiche Anordnungen gekuppelt werden können und so ein Drehstromsatz mit drei Filmtrommeln entsteht. Der KO ruht auf einer 1,5 t schweren Grundplatte. Das Trommelgehäuse ist aus Elektrolytbronze, die besonders dicht ist. Erwähnenswert ist noch, daß die Ablenkplatten mit Federkörpern von außen verstellt werden können, die zuerst von Knoll bei deutschen KO-Ausführungen angewendet worden sind[1]). Die Kathodenstrahlen werden nicht, wie sonst üblich, durch ein Kipprelais für die Aufnahme freigegeben, sondern durch ein Pendel, das beim Fallen nacheinander zwei Schaltstücke betätigt.

[1]) M. Knoll, Z. techn. Physik 10 (1929) S. 294.

Die Veröffentlichung enthält eine ausgedehnte Aussprache, in der zur Zweckmäßigkeit einzelner Ausführungsformen Stellung genommen und andere Ausführungen behandelt werden.

(Anm. d. Ber.: In Deutschland besitzt die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen einen KO mit umlaufenden Trommeln, der 1932 von Baatz konstruiert und in den Werkstätten des Hochspannungs-Institutes Neubabelsberg der Technischen Hochschule Berlin gebaut worden ist. Dabei sind die jahrelangen grundlegenden Entwicklungsarbeiten dieses Institutes auf dem Gebiet des Kathodenstrahl-Oszillographen[1]) verwertet worden. Der KO ist sowohl für die Aufnahme von Übergangsvorgängen bei Schalthandlungen und Störungen (Erdschluß, Kurzschluß) in Hochspannungsnetzen, als auch für die Aufzeichnung von Gewitterüberspannungen und Stoßvorgängen eingerichtet. Im Gegensatz zu dem hier beschriebenen KO ist aber die Außenaufnahme gewählt worden, wobei also die Kathodenstrahlen durch ein Lenardfenster auf den außerhalb des luftleeren Raumes umlaufenden Film fallen. Diese Anordnung umgeht alle Dichtungsschwierigkeiten, welche die Innenaufnahme auf umlaufendem Film mit sich bringt. Ohne auf die weiteren Besonderheiten, die dieser KO aufweist, näher einzugehen, sei lediglich noch erwähnt, daß er zwei Entladerohre hat, aus deren Strahlen vier Schreibstrahlen ausgeblendet werden. Die verschiedenen Ablenkplatten für die vier Strahlen befinden sich in demselben Gehäuse, so daß nur eine Luftleerpumpe erforderlich ist. Diese Ausführungsart eines KO mit vier Schreibstrahlen und Außenaufnahme auf umlaufendem oder feststehendem Film hat sich in jahrelangem Betrieb unter oft recht schwierigen Umständen bei Schalt-, Erd- und Kurzschlußversuchen in Netzen[2]) sowie bei Stoß- und Gewitterversuchen in Netzen (der KO ist in einem Meßwagen eingebaut) hervorragend bewährt. [G. A. Whipple, J. Inst. electr. Engr. 78 (1936) S. 497.] *Gd.*

537.311.33 : 537.312.5 **Lichtelektrische Untersuchungen an Halbleitern.** — An zahlreichen natürlich vorkommenden Kristallen entstehen durch Belichtung Photoeffekte im Sinne einer Elektronenverschiebung auch ohne Anlegung eines äußeren Feldes. Ein derartiger Effekt wurde früher von Dember an natürlichen Cuprit-Kristallen gefunden und als „Kristallphotoeffekt" bezeichnet. Sperrschichten konnten bei diesen Versuchen teils nicht mit Sicherheit gefunden, teils — bei geeigneter Versuchsanordnung — ihre Wirksamkeit sogar mit Sicherheit ausgeschlossen werden. In der vorliegenden Arbeit benutzen die Verfasser eine bereits im wesentlichen früher von Bergmann beschriebene Versuchsanordnung: der Kristall wird durch das gebündelte intensive Licht eines Kohlebogens bestrahlt, welches durch eine umlaufende Lochscheibe mit etwa 1000 Hz moduliert ist; die entstehenden lichtelektrischen Wechsel-EMKe werden nach mehrstufiger Verstärkung mit einem Röhrenvoltmeter gemessen. Auf diese Weise wurden an 76 Stoffen (teils natürliche Kristalle, teils Präparate) Kristallphotoeffekte gefunden. Die Elektronen laufen teils in der Richtung des einfallenden Lichtstroms, teils in der entgegengesetzten. Mit einer selbsttätigen Registriereinrichtung wurden von den empfindlicheren Stoffen Kurven der spektralen Verteilung des Effekts ermittelt, von weniger empfindlichen wenigstens die Lage der spektralen Maxima bestimmt. [L. Bergmann u. J. Hänsler, Z. Physik 100 (1936) S. 50.] *Swg.*

Hochspannungstechnik.

537.212. : 621.315.1.027.3.001.5 **Felder und Ladungen um einen Hochspannungsleiter.** — Der Hauptteil der Untersuchungen erstreckte sich auf die Messung der radialen Feldstärken eines unter Gleich- oder Wechselspannung stehenden, polierten Drahtes, der inmitten eines

[1]) P. Hochhäusler, ETZ 50 (1929) S. 860; M. Knoll, B. v. Borries, Z. techn. Physik 11 (1930) S. 111; M. Knoll, H. Knoblauch, B. v. Borries, ETZ 51 (1930) S. 966; A. Matthias, M. Knoll, H. Knoblauch, Z. techn. Physik 11 (1930) S. 276; M. Knoll, B. v. Borries, Z. techn. Physik 11 (1930) S. 493; M. Knoll, Z. techn. Physik 11 (1930) S. 491; W. Holzer, M. Knoll, Z. Instrumentenkde 52 (1932) S. 274; H. Baatz, M. Freundlich, W. Holzer, ETZ 53 (1932) S. 696.

[2]) H. Grünewald, VDE-Fachber. (1935) S. 25; H. Baatz, VDE-Fachber. (1935) S. 35.

Digitized by Google

geerdeten Zylinders aus feinmaschigem Drahtgewebe gespannt war. Als Sonde diente eine Anordnung, die einer sonst zur Messung hoher Spannungen benutzten Vorrichtung entlehnt ist[1]), indem zwei voneinander isolierte und mit ihren Enden zu einem zweiteiligen Stromwender führende Drähte parallel zu dem unter Spannung stehenden Leiter in das elektrische Feld gebracht wurden. Das elektrische Feld, das die aus diesen beiden Drähten gebildete, um ihre Längsachse in Umdrehungen zu versetzende Schleife durchdringt, ruft Ladungen auf den beiden Drähten hervor, die einen Gleichstrom durch einen mit den Stromwenderbürsten verbundenen, geschirmten Strommesser zur Folge haben, dessen Stärke verhältnisgleich der elektrischen Feldstärke in dem zu messenden Punkte ist. Bei der Untersuchung von Wechselstromfeldern ist die Sonde durch einen Synchronmotor entsprechender Drehzahl in Umdrehungen um ihre Längsachse zu versetzen, wobei durch Verschiebung der Schleife gegenüber der angelegten Spannung der Feldverlauf in den einzelnen Punkten der Spannungslinie aufgenommen werden kann. Zur Vermeidung fälschender Feldverzerrungen und Störungen durch Leckströme, die durch zeitliche Änderungen der Ionendichte in der Umgebung der Sonde hervorgerufen werden können, wird diese zweckmäßig durch Anlegen einer in ihrer Höhe und Phase regelbaren Hilfsspannung auf dem Potential des sie umgebenden Raumes gehalten.

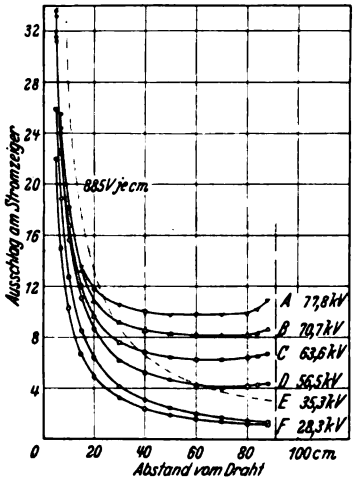


Abb. 13. Gleichstromfeld zwischen negativem Draht und Zylinder.

Die Anwesenheit von Ionen als Folge der Korona ändert die Feldverteilung gegenüber der sich aus der Rechnung ergebenden, in Abb. 13 z. B. für den negativen Leiter bei 77,8 kV in der gewählten Versuchsanordnung gestrichelt angedeuteten, raumladungsfreien, hyperbolischen Feldverteilung in um so stärkerem Maße, je höher die Spannung ist. Im allgemeinen setzt der vom Draht fortfließende Ionenstrom die Felddichte in dessen Nähe herab und erhöht sie gegen den umgebenden Zylinder.

Bei der Wechselstromkorona treten neben den Feldverzerrungen durch die Raumladungen starke Phasenverschiebungen gegenüber der Spannung auf. Dicht über der kritischen Koronaspannung war außerdem ein geringer positiver Ionenstrom nach der Zylinderwandung zu beobachten, der mit Erhöhung der Spannung zunächst bis auf einen Höchstwert anstieg, sodann abnahm, bis schließlich bei weiterer Spannungserhöhung die Stromrichtung sich umkehrte. Die Untersuchungen zeigen, daß bei Wechselstrom ein Unterschied gemacht werden muß zwischen der hauptsächlichen Raumladung, die mit dem Felde schwingt, und einer geringen, darüber gelagerten Raumladung nur eines Vorzeichens, die sich nur in der einen Richtung bewegt. Bis zu einer gewissen Spannung scheinen die positiven Raumladungen mehr zerstreut zu sein als die negativen, wogegen sich bei höheren Spannungen die Verhältnisse umkehren. [W. G. Hoover, Electr. Engng. 55 (1936), S. 448.] *O. N.*

Verschiedenes.

Gutes Licht — gute Arbeit. — Wie im Vorjahr[2]) wird auch in diesem Winter 1936/37 die Deutsche Arbeitsfront auf den Erfahrungen des Vorjahres aufbauend, einen Werbefeldzug durchführen, der hauptsächlich der Verbesserung der Arbeitsplatzbeleuchtung dienen soll. Die Mitarbeit der Fachleute und Fachverbände der deutschen Industrie, des Handwerks und Gewerbes hat sich das Reichsamt „Schönheit der Arbeit", das den Werbefeldzug durchführt, gesichert. Am 23. 9. d. J. fand für die Presse eine Besichtigung vorbildlich beleuchteter Werkstätten bei den Siemenswerken in Berlin statt. Einen einleitenden Vortrag hielt Herr L. Schneider über „Das Licht, der Freund des schaffenden Menschen". Der Vortragende legte an Beispielen dar, wie durch gute Beleuchtung die Arbeit an der Maschine erleichtert wird und durch sie das Entstehen von Fehlern z. B. an dem Maschinenwebstuhl[1]) schneller erkannt wird. Durch dieses rechtzeitige Erkennen wird somit auch die Güte der Arbeit verbessert. Im Bergbau konnte nachgewiesen werden, daß durch verstärkte Beleuchtung die Zahl der Unfälle auf die Hälfte zurückging. Durch schlechte Beleuchtung ermüdet das Auge und kann gerade im Bergbau die Gefahrquellen nicht rechtzeitig erkennen. Gute Beleuchtung verschönt auch den Arbeitsraum, indem sie das Gefühl für den Raum schafft: Ein Raum mit schwarzen Wänden und schwarzer Decke wirkt ebenso wie ein Raum mit unbeleuchteten Wänden und unbeleuchteter Decke nicht als Raum; er wirkt unbehaglich und unangenehm. Auch ist es nicht richtig, nur den Arbeitsplatz allein zu beleuchten, stets muß eine hinreichende Allgemeinbeleuchtung vorhanden sein, um einen Überblick über den ganzen Arbeitsraum zu erlangen und um allen darin Schaffenden das Gefühl einer Gemeinschaftsarbeit zu geben. Somit spendet gute Beleuchtung Freude am Schaffen; sie ist also ein Freund des schaffenden Menschen. *Hs.*

Technische Gauwoche Sachsen 1936. — Vom 19. bis 24. 10. 1936 wird vom Amt für Technik, NS.-Bund Deutscher Technik und sämtlichen Vereinen der RTA des Gaues Sachsen eine Technische Gauwoche Sachsen 1936 als Gemeinschaftsveranstaltung durchgeführt, zu der auch die Deutsche Arbeitsfront, Amt für Beamte, Reichsbund Deutscher Beamten und NS.-Studentenbund ihre Beteiligung und Mitarbeit zugesagt haben. Nicht nur in den größeren technischen Zentren Sachsens, sondern auch in kleineren Industrieorten des Erzgebirges und des flachen Landes finden etwa 50 Vortragsveranstaltungen über alle wichtigen technischen Gebiete sowie Besichtigungen statt. Ebenso werden Kurzvorträge über „Gutes Licht, gute Arbeit" und „Unfallverhütung" eingeschaltet. Nähere Einzelheiten bezüglich der Vortragstage, Themen usw. werden noch bekanntgegeben werden.

Arbeitsgemeinschaften beim Amt für Technik, Gau Schlesien. — Um durch tatkräftige Mitarbeit zur Erfüllung der Hauptforderungen des Energiegesetzes — sichere und billige Energieversorgung, wirtschaftliche Erzeugung — beizutragen, hat das Amt für Technik, Gau Schlesien, je eine Arbeitsgemeinschaft für Gasfragen, für Elektrizitätsfragen und zur Förderung heimischer Treibstoffe eingerichtet, und zwar als Beratungsstellen für alle einschlägigen Kreise. Als Fachberater stehen dem Gauhauptstellenleiter Sommer zur Seite Dipl.-Ing. Panzner, Betriebsleiter beim Gaswerk Dürrgoy, Ing. Amelang bei der Bezirksgruppe Schlesien der Wirtschaftsgruppe Gas- und Wasserversorgung, Dipl.-Ing. Lauffer und Dr. Kuppert, beide von den Städt. Elektrizitätswerken Breslau. In einem Rundschreiben des Gauamts wird die Frage der heimischen Treibstoffe als vordringlich bezeichnet und dabei erwähnt, daß zu den bereits vorhandenen Gastankstellen in Breslau und Hindenburg (OS.) weitere in Liegnitz, Görlitz, Ratibor und Oppeln treten werden. Auch die Elektrizitätswerke sollen durch Errichtung von Elektro-Tankstellen einen wesentlichen Beitrag zur Entlastung des Treibstoffmarktes geben.

Große Meisterkurse Frankfurt a. M. — Die Stadt Frankfurt a. M. veranstaltet im Winterhalbjahr 1936/37 mit Unterstützung des Preußischen Ministeriums für Wirtschaft und Arbeit, des Bezirksverbandes Wiesbaden und der Handwerkskammern Wiesbaden-Frankfurt a. M. in der Zeit vom 26. 10. bis 5. 12. 1936 an den Frankfurter Berufsschulen Große Meisterkurse für Elektroinstallateure und andere Berufe. Jeder Kursus umfaßt rd. 300 Tages-Unterrichtsstunden und besteht aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Der Kursus kann ganz oder teilweise belegt werden. Aufnahmegesuche sind bis 15. 10. einzureichen. Nähere Auskunft und Anmeldung bei der Geschäftsstelle: Frankfurt a. M., Moltkeallee 23.

[1]) Electr. Engng. 51 (1932) S. 863. Helios 39 (1933) S. 54.
[2]) ETZ 56 (1935) H. 43.

[1]) R. G. Weigel, ETZ 57 (1936) S. 535.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Eichzwang in Deutschland.

Von **Hans Vogler VDE**, Leipzig.

621. 317. 785. 089. 6. 003. 1

Übersicht. Nach einem Überblick über den Eichzwang in einigen fremden Staaten wird auf die Auswirkungen des Eichzwanges in Deutschland hingewiesen.

Im Reichsgesetzblatt[1]) sind unter den dem Eichzwang unterworfenen Apparaten des Meßwesens auch die Elektrizitätszähler aufgeführt[2]). Die PTR ist beauftragt, Vorschriften über die Bedingungen der Eichfähigkeit und Beglaubigungsfähigkeit, sowie über das Verfahren der Eichung und der eichamtlichen Beglaubigung der Meßgeräte zu erlassen[3]). Der Zeitpunkt des Inkrafttretens der amtlichen Eichpflicht wird vom Reichswirtschaftsminister im Einvernehmen mit dem Reichsminister des Innern bestimmt[4]). Die Ausführungsbestimmungen[5]) besagen, daß über die Durchführung der Eichung der Elektrizitätszähler noch besondere Vorschriften ergehen werden.

Bekanntlich ist der amtliche Eichzwang im Ausland schon mehrfach eingeführt.

Bei einem neuen Gesetz von derartiger Tragweite ist es wohl angebracht, einmal Betrachtungen darüber anzustellen, welche Erfahrungen andere Länder mit dem Eichzwang bereits gesammelt haben und in welcher Weise sie den Eichzwang durchführen.

1. In Österreich wurde der Eichzwang bereits 1903 gesetzlich eingeführt. Dieses Gesetz sieht, wie die betr. Gesetze der meisten anderen Länder auch, eine zweifache Prüfung für Elektrizitätszähler vor, und zwar eine Systemprüfung, die über die grundsätzliche Zulassung von Zählertypen entscheidet, und eine Stückprüfung, der die einzelnen Zähler unterworfen sind. Zuständig für beide Prüfungen ist das Landesamt in Wien. Da es sich aber als unmöglich herausgestellt hat, alle Zähler dort zu prüfen, so hat sich in Österreich die „ambulante Eichung" allgemein eingeführt, die durch Bundesbeamte in dem betr. Eltwerk bzw. in der Zählerfabrik durchgeführt wird. Es ist beabsichtigt, diese bisherige Gepflogenheit in der zu erwartenden neuen Eichordnung in Österreich ausdrücklich vorzusehen. Man erkennt, daß die praktischen Erfordernisse andere sind, als im Gesetz bei seiner Einführung vorgesehen war.

Aus dem technischen Teil der Verordnung über die amtliche Prüfung sind zwei Punkte beachtenswert: Die Gültigkeitsdauer eines Eichstempels für einen neuen Zähler oder eines Befundscheines für einen instandgesetzten Zähler beträgt durchweg fünf Jahre. Diese allgemeine Festsetzung für alle Zählertypen ist unbedingt unzweckmäßig. Gleichstrom-Motorzähler mit Stromwender und Bürsten haben derart viel Fehlerquellen, daß sie zweifellos häufiger nachgeprüft und überholt werden müssen als Induktionszähler. Induktionszähler haben wieder erheblich mehr Fehlerquellen als Elektrolytzähler. Die Gültigkeitsdauer der Eichstempel müßte meines Erachtens entsprechend abgestuft werden.

Ferner bestimmt das Gesetz, daß die letzte Zahlenrolle bei Vollast innerhalb 6 min mindestens eine volle Umdrehung machen müsse, damit die Ablesezeiten bei der Eichung nicht allzu groß werden, denn für die Feststellung der Fehler werden die Angaben der Zählwerke herangezogen. Diese Vorschrift wirkt sich in der Weise aus, daß die letzte Zahlenrolle eine ziemlich starke Belastung für den Zähler darstellt. Meist wird daher diese Rolle durch eine zweite Schnecke angetrieben. Hierdurch entstehen Schwierigkeiten für die Ablesung (zwei schleichende Ziffern). Bei der Eichung werden Stromwender und Bürsten eines Gleichstromzählers u. U. so stark beansprucht wie bei einer normalen Betriebsdauer von Monaten, ja selbst von Jahren.

Eine ganz ähnliche Regelung des Eichzwanges besteht auch in der Tschechoslowakei.

2. In der Schweiz ist der Eichzwang seit 1918 eingeführt. Das zugrunde liegende Gesetz stammt von 1909, die letzte Vollziehungsverordnung von 1933.

In der Schweiz werden die Zulassungen (Systemprüfungen) vom „Eidgenössischen Amt für Maß und Gewicht" in Bern ausgesprochen, das aber selbst keine Stückprüfung ausführt. Die einzelnen Zähler zugelassener Bauart werden amtlich geeicht durch:

1. die technischen Prüfanstalten des Schweizerischen Elektrotechn. Vereins,
2. zugelassene Eltwerke,
3. Zählerfabriken (nur für die von ihnen hergestellten Zähler).

Hierbei führt eine Kommission des Amtes die Oberaufsicht. Der verantwortliche Beamte des Prüfamtes wird zwar nicht vereidigt, aber er wird vom Amt eigens ermächtigt und in Pflicht genommen. Gegebenenfalls kann ihm das Amt eine Prüfung auferlegen. Im übrigen ist der Beamte Angestellter seines Werkes; er unterliegt hinsichtlich seines Dienstverhältnisses den dort geltenden Bestimmungen.

Von den weiteren Bestimmungen der Vollziehungsverordnung ist bemerkenswert, daß im Gegensatz zum österreichischen Eichgesetz das schweizerische die Trennung zwischen Amt und Werk fast ganz verschwinden läßt. In den gleichen Räumen, in denen die amtlichen Prüfungen vorgenommen werden, dürfen die betr. Zähler geeicht und auch ausgebessert werden. Diese Regelung erleichtert und verbilligt den praktischen Betrieb außerordentlich. Als Beweis dafür, daß sich diese Regelung bewährt hat, sei erwähnt, daß die ältere Vollziehungsverordnung diese Bestimmung ebenfalls schon enthielt.

Die Eltwerke sind befugt, auch Zähler instandzusetzen, die nicht ihr Eigentum sind, doch hat diese Frage hier wesentlich geringere Bedeutung, als wenn das in Deutschland zugelassen würde. Auf den Punkt wird bei der Behandlung dieser Frage für Deutschland noch besonders eingegangen. Ein Handel mit ungeprüften Zählern ist in der Schweiz infolge des Eichzwanges ausgeschlossen. Diejenigen Eltwerke, die keine Prüfamtsbefugnis besitzen, kaufen von den Fabriken Zähler, die bereits amtlich geprüft sind.

3. In Polen wurde der Eichzwang im Jahre 1919 gesetzlich eingeführt. Die Stückprüfungen, die uns hier hauptsächlich interessieren, werden von staatlichen, städtischen und privaten, dazu ermächtigten Stellen ausgeführt. Unter den letzteren befinden sich auch die großen Zählerfabriken, welche merkwürdigerweise sogar die Berechtigung haben, auch Zähler, die von ihnen nicht hergestellt wurden, amtlich zu prüfen. Dabei ist aber zu bemerken, daß die Prüferlaubnis, wie in der Schweiz, nicht der betr. Stelle unmittelbar, sondern eigentlich nur dem verantwortlichen Leiter erteilt wird.

Die Eltwerke sind auch hier, wie in der Schweiz, befugt, Zähler instandzusetzen, die nicht ihr Eigentum sind. Doch hat diese Frage hier ebenfalls nur verhältnismäßig geringe Bedeutung.

4. Fast alle anderen Staaten besitzen nur freiwillige Beglaubigungen oder überhaupt nur Systemprüfungen.

Nach diesem kurzen Überblick über den Stand der Frage des Eichzwanges in anderen Ländern sei nachstehend die Lage in Deutschland geschildert.

Ursprünglich befaßte sich nur die Physikalisch-Technische Reichsanstalt mit der Prüfung von Elektrizitätszählern. Unter den ersten Prüfämtern befinden sich

[1]) Nr. 142 vom 19. 12. 1935.
[2]) § 10 S. 1501.
[3]) § 22 S. 1502.
[4]) § 64 S. 1507.
[5]) Reichsgesetzblatt, Teil I, Nr. 52 vom 29. 5. 1936 § 38.

Digitized by Google

staatliche, nicht an dem Verkauf elektrischer Arbeit interessierte Stellen, z. B. Landesgewerbeanstalten, Dampfkesselüberwachungsvereine usw. Später aber entstanden Prüfämter in steigendem Maße bei Eltwerken. Maßgebend war für diese Werke außer dem Wunsche nach Unabhängigkeit von fremden Stellen und nach Erleichterungen bei Streitfällen mit den Stromabnehmern wohl auch die Notwendigkeit einer Zeitersparnis für die Beglaubigung von Zählern. Diese Frage ist bei stoßweisem Bedarf an Zählern und mit Rücksicht auf die Notwendigkeit, sich an den betr. Haushaltplan zu halten, wichtig. Nahm die Anzahl der Prüfämter (E.P.A.) anfangs nur sehr langsam zu, so sind in der letzten Zeit in rascher Folge eine große Anzahl von Prüfämtern entstanden und weitere sind in erheblichem Maße vorgesehen. Außerdem werden viele kleinere Werke Außenstellen bestehender Hauptprüfämter. Bei den großen Eltwerken werden zweifellos in absehbarer Zeit restlos Prüfämter eingerichtet sein. Zweifelhaft ist, ob alle Werke in der Lage sind, ein E.P.A. einzurichten. In einer Reihe von Fällen wird dies, ganz abgesehen von den erheblichen Kosten für die von der PTR vorgeschriebenen Laboratoriumseinrichtungen, an der Raumfrage scheitern, denn die Zählerabteilungen wurden bis heute bei vielen Eltwerken lediglich als Nebenabteilungen behandelt und dementsprechend meist in den bescheidensten Arbeitsräumen ohne jede Erweiterungsmöglichkeit untergebracht. Die Errichtung eines Prüfamtes erfordert jedoch in erster Linie geeignete Räume, d. h. eine große Anzahl von Eltwerken, welche heute ihre Zählerabteilungen in beschränkten Räumen untergebracht hat, muß bei Einrichtung eines E.P.A. vorerst einen Neubau mit zweckentsprechendem Grund- und Aufriß sowie mit Erweiterungsmöglichkeit errichten, wenn einwandfreie Leistungen erzielt und eine einwandfreie Arbeit gewährleistet sein soll. An der Höhe der Kosten für die Errichtung eines derartigen Gebäudes wird wohl in vielen Fällen, hauptsächlich bei mittleren Eltwerken, z. Z. die Errichtung eines Prüfamtes noch scheitern. Gegenwärtig wird im allgemeinen lediglich eine Nachprüfung von Zählern nach den „Richtlinien zur Prüfung und Überwachung von Zählern bei Eltwerken“ als notwendig erachtet. Diese Richtlinien werden z. Z. überprüft und neu bearbeitet. Ein Zwang, diese Zeitabstände einzuhalten, besteht nicht, d. h. die Zeitabstände für die amtliche Nachprüfung der Zähler sind in Deutschland gegenwärtig noch nicht festgelegt.

Dieser Eichzwang wird erhebliche technische und vor allem wirtschaftliche Folgeerscheinungen haben. Nach vorliegenden Schätzungen sind z. Z. in Deutschland 15 bis 16 Mill Zähler installiert. Es ist damit zu rechnen, daß in den Ausführungsbestimmungen die turnusmäßige Prüfung der Zähler in Zeitabständen von drei bis längstens fünf Jahren, je nach Stromart, festgelegt wird, so daß in Deutschland jährlich 3 bis 5 Mill Zähler amtlich nachgeprüft werden müssen. Hierzu kommt der Zugang an neuen Zählern, den man mit 800 000 bis 1 Mill Stück jährlich ansetzen kann.

Die Gesamtzahl der jährlich amtlich zu eichenden Zähler dürfte demzufolge 4 Mill im Durchschnitt übersteigen.

In Deutschland sind noch ganz erhebliche Mengen veralteter Zähler in Betrieb, deren technische Daten den Vorschriften der PTR in keiner Weise mehr entsprechen. Die Einführung des Eichzwanges wird das Schrittmaß der Ausmerzung dieser veralteten Zählertypen zweifellos beschleunigen, eine Maßnahme, die sowohl im Interesse der Stromabnehmer als auch der Eltwerke liegt.

In dieser Beziehung war uns das Ausland bisher erheblich voraus. Beispielsweise hat die Tschechoslowakei für das Jahr 1936 die Ausmerzung von Zählertypen vorgeschrieben, die noch bis 1932 von den Fabriken hergestellt und geliefert worden sind. In Deutschland sind heute noch Zähler in erheblichen Mengen in Gebrauch, die z. T. 25 Jahre alt und noch älter sind. Der Eichzwang wird hier diese alten Zähler ausmerzen. Als Ersatz für diese veralteten Zähler werden die gleiche Anzahl neue Zähler benötigt, wodurch in den ersten Jahren nach Einführung des Eichzwanges die Anzahl der amtlich zu eichenden Zähler entsprechend erhöht wird.

Für viele Eltwerke werden durch den Eichzwang darüber hinaus erhebliche Mehrkosten entstehen. Es gibt leider immer noch kleinere und mittlere Werke, die ihre Zähler jahrzehntelang ohne oder nur mit geringer Nachprüfung in Betrieb haben. Diese Werke stellen jedoch häufig eine nicht unerhebliche Einnahmequelle für die betreffende Stadt oder Gemeinde dar, so daß allzu große Mehrkosten den Haushaltplan dieser Gemeinden erheblich belasten würden. In diesen Fällen besteht der Zwang, auf größtmögliche Beschränkung der zusätzlichen Kosten besonderen Wert zu legen.

Nach Einführung des Eichzwanges müßten die kleineren Eltwerke, soweit sie nicht Außenstellen von Prüfämtern sind, ihre Zähler zunächst an das zuständige Prüfamt senden, das dann nicht nur die amtlich vorgeschriebenen Arbeiten, sondern ein erhebliches Mehr infolge des notwendigen Aus- und Wiedereinpackens, des Versandes, der Buchung, der Kostenberechnung usw. zu leisten hätte. Die meisten Prüfämter sind jedoch zweifellos mit den laufenden Arbeiten für ihre eigenen Zähler voll ausgenutzt. Jede Mehrarbeit macht demzufolge erhebliche Kapitalaufwendungen erforderlich; anderseits würden bei der Vielzahl der Typen, unterteilt nach Stromart, Spannung usw., manche Einrichtungen nur schlecht ausgenutzt sein.

Am 23. 7. 1936 hat der Reichs- und Preußische Minister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung Übergangsrichtlinien für die Errichtung neuer elektrischer Prüfämter erlassen, die bezwecken, Unklarheiten bis zum Erlaß der Durchführungsverordnung für die Eichpflicht der Elektrizitätszähler nicht aufkommen zu lassen. Danach ist vorgesehen, daß außer den Eltwerken und der Zählerindustrie auch das Zählerreparaturgewerbe Prüfämter errichten darf.

Bekanntlich haben in Deutschland früher sehr viele Eltwerke Installationen ausgeführt und Handel mit elektrischen Haushaltgeräten getrieben. Nach der nationalsozialistischen Machtergreifung haben die Eltwerke mit wenig Ausnahmen im Interesse der gewerbetreibenden Installateure und des freien Handels diese Arbeiten und diesen Handel eingestellt. Das bedingt, daß auch die Ausbesserung von fremden, nicht werkseigenen Zählern durch die Eltwerke in Deutschland unterbleibt. Schwierigkeiten und Kosten hauptsächlich für die kleineren Werke werden vermieden, wenn die Zählerfabriken von ihrer Befugnis selbst eigene Prüfämter einzurichten Gebrauch machen. Dabei müßte die Unabhängigkeit des Prüfamtsvorstandes von der Leitung der Zählerfabrik weitgehend gewährleistet werden.

Die in Frage kommenden Eltwerke würden dadurch, daß sie ihre Zähler bei der Herstellerfirma überholen und amtlich eichen lassen, diese nach erfolgter Überholung nicht nochmals verpacken und an ein besonderes Prüfamt schicken müssen. Dort müßten sie dann, wie bereits erwähnt, erneut aus- und eingepackt werden. Hierzu kommen noch die Kosten für die sich dadurch erforderlich machenden wiederholten Buchungen. Daraus geht hervor, daß die Überholung und amtliche Eichung an einer einzigen Stelle, d. h. bei der Herstellerfirma, für die kein eigenes Prüfamt besitzenden Werke eine erhebliche Einsparung an Zeit und Geld bedeutet.

Die Zählerfabriken besitzen bereits gut eingerichtete Ausbesserungswerkstätten, deren Erweiterung für die erforderlichen Stückzahlen mit verhältnismäßig geringem Kapitalaufwand durchzuführen wäre. In preislicher Hinsicht könnten gewisse Richtsätze für normale Überholung bzw. Nacheichung festgelegt werden.

Diese Lösung liegt auch im Interesse der bei den Eltwerken eingerichteten und noch einzurichtenden Prüfämter. Deren Arbeit würde praktisch die gleiche bleiben wie bisher. In den meisten Fällen wird das Arbeitsgebiet dieser Prüfämter allerdings dadurch erheblich erweitert werden, daß durch gesetzliche Vorschriften die turnusmäßige Überholung und Nacheichung insbesondere für Gleichstromzähler in erheblich kürzeren Zeitabständen vorgenommen werden muß, als dies z. Z. bei der Mehrzahl der Eltwerke der Fall ist.

Wenn eine Zählerreparaturwerkstatt in der Lage ist, ein vorschriftsmäßiges Prüfamt zu errichten und zu unterhalten sowie entsprechende Arbeitskräfte zu beschäftigen, so bestehen keine Bedenken, daß kleinere Eltwerke ihre Zähler dort überholen und prüfen lassen, statt bei der Herstellerfirma. Vorerst müßte allerdings wohl noch die Vorschrift beseitigt werden, daß zur Instandsetzung der Elektrizitätszähler nur Originalersatzteile der betr. Herstellerfirma verwendet werden dürfen, wenn die Beglaubigungsfähigkeit des Zählers erhalten bleiben soll. Nach

Digitized by Google

dem Maß- und Gewichtsgesetz vom 13. Dezember 1935 hat hierüber sowohl wie über alle technischen Fragen in dieser Sache lediglich die PTR zu entscheiden.

Zusammenfassung.

Die dargelegte wirtschaftliche Bedeutung des neuen Gesetzes über den Eichzwang zeigt dessen Tragweite. Zur Vermeidung von Schwierigkeiten sollten kleinere und auch mittlere Eltwerke, die keine Zähler-Ausbesserungswerkstätten besitzen, und die aus finanziellen oder anderen Gründen ein Elektrisches Prüfamt nicht errichten können, von der Möglichkeit Gebrauch machen, ihre Zähler von der Herstellerfirma amtlich beglaubigt zu beziehen bzw. bei dieser oder bei dem Prüfamt einer Zählerreparaturanstalt überholen und amtlich nachprüfen zu lassen.

621. 335. 5. 033. 46 (42) **Elektrofahrzeuge in England.** — Fahrzeuge mit Elektrospeicher als Energiequelle sind hinsichtlich des Wirkungsgrades und der Wirtschaftlichkeit für Warenablieferung oder ähnliche Aufgaben mit festliegendem Fahrplan mit kurzen Halteabständen allen Fahrzeugen mit anderen Antriebsarten weit überlegen.

Zahlentafel 1.

Statistik für die Jahre	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935
Zahl der Fahrzeug-Tage	4 146	4 242	4 270	4 214	4 284	4 298	4 298	4 180	4 259	4 304	4 287	4 270	4 272	4 217	4 286
Insg. gefahrene km	84 450	91 200	90 500	90 300	89 900	88 600	84 600	82 900	85 800	84 300	85 500	90 800	88 500	85 800	89 500
Fahrzeug-km je Tag	19,8	21,5	21,2	21,4	21,0	20,2	19,68	19,8	20,1	19,6	20,2	21,2	20,7	20,4	20,76
Dem Umformer zugeführte kWh	90 913	89 830	107 514	117 092	118 178	122 033	98 037	102 002	128 025	125 675	132 374	117 712	107 079	99 375	108 897
kWh je t Müll	3,4	3,3	3,5	3,8	3,7	3,9	3,25	3,4	3,9	3,9	4,3	3,8	3,7	3,1	3,9
kWh je Fahrzeug-km am Umformer	1,075	0,985	1,19	1,3	1,36	1,43	1,22	1,21	1,49	1,49	1,49	1,29	1,18	1,18	1,18
kWh je Fahrzeug-km am Fahrzeug	0,777	0,752	0,758	0,804	0,944	0,992	0,995	0,983	0,988	0,998	0,994	0,97	0,976	0,945	0,838
t-Müll je Tag und Fahrzeug	6,27	6,35	7,12	7,176	7,288	7,218	7,009	7,08	7,54	7,38	7,13	7,14	6,51	7,37	6,39
Ausbesserungskosten RM*)	3 950	9 220	15 070	23 950	8 050	17 700	14 000	7 470	18 900	25 150	13 000	11 730	11 540	14 960	12 650
Lizenzen und Gebühren für die Fahrer RM	270	1 045	1 066	1 080	1 066	1 055	1 823	4 100	4 080	4 070	4 100	4 080	4 080	5 040	8 750
Versicherung RM	967	913	937	902	925	913	913	902	925	913	973	913	913	877	865
Abschreibung RM	20 200	20 200	20 200	20 200	20 200	20 200	20 200	20 200	20 200	20 200	492	444	396	360	324
Verlorene Stunden für alle Fahrzeuge	99,75	51,3	32	37,25	47,5	40,5	46,25	51,3	51,75	24,25	37,5	41,75	23,0	13,5	37
Verluststunden in % der Arbeitsstunden	0,3	0,15	0,095	0,106	0,136	0,115	0,13	0,15	0,146	0,06	0,107	0,119	0,06	0,04	0,109

*) Umrechnungskurs 1 £ = 12 RM.

Zahlentafel 2.

Aufteilung der verlorenen Stunden verursacht durch	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935
Batterien	7	3	0¾	2¾	8¼	1¾	0½	2½	2	2	—	—	—	—	—
Bremsen und Gestänge	—	20	0¾	—	—	—	—	—	5	5½	4¾	4½	1	—	1
Elektrische Schaltanlage	2	6	10½	8¾	9¼	11	13	1½	11¾	13¼	17½	17	14½	4	13
Motoren und Zahnräder	86¾	18	4¼	12¼	26	22¾	32¼	34¾	29	1½	7¾	16¼	5¾	1½	2½
Gebrochene Federn	4	—	4	1½	4	3½	0½	5¾	1½	—	2	0½	—	0½	—
Zusammenstöße und Unglücksfälle	—	—	8½	—	—	—	—	4½	—	—	—	—	—	5½	—
Andere Ursachen	—	4¼	2¼	12	—	1½	—	2½	2½	2	5½	3½	1¾	2	20½
Insgesamt Stunden	99¾	51¼	32	37¼	47½	40½	46¼	51½	51¾	24¼	37½	41¾	23	13½	37

Während des Haltens wird hier kein Strom verbraucht, die Hauptstrommotoren lassen hohe Anfahrbeschleunigung zu. Außerdem haben Elektrofahrzeuge einen ruhigen Lauf; sie sind geräusch- und geruchlos. Das Aufladen der Batterien ergibt für die Kraftwerke einen Belastungsausgleich in den Stunden geringer Belastung[1]). In vielen Städten Englands werden Elektrofahrzeuge bereits seit langem für die Müllabfuhr verwendet. Infolge guter Pflege sind bei manchen Betrieben diese Fahrzeuge seit zwanzig und mehr Jahren täglich im Verkehr und haben schon mehr als 160 000 km zurückgelegt. Bei einem dieser Betriebe haben sie etwa 50 % weniger Ausfall an Betriebstagen infolge von Ausbesserungen als die gleichzeitig verwendeten Benzinwagen. Als weiterer Vorteil wird eine drei- bis vierfache Lebensdauer der Gummibereifung gegenüber den Benzinwagen gleichen Gewichtes angegeben. Die Lebensdauer der Batterien ist stark von der Pflege abhängig. Erreicht wurden zweieinhalb Jahre für Blei- und 8 bis 9 Jahre für Eisen-Nickel-Batterien.

Die Zahlentafel 1 gibt einen Auszug aus der Statistik über vierzehn Elektrofahrzeuge der städtischen Müllabfuhr in Willesden. Die Fahrzeuge haben eine Tragfähigkeit von 2,5 t und sind bereits mehr als fünfzehn Jahre im ständigen Betrieb. Die Aufbauten wurden in den Jahren 1929/30 umgebaut, dadurch entstanden die hohen Ausbesserungskosten in diesen Jahren. Die Aufteilung der verlorenen Stunden ist in Zahlentafel 2 wiedergegeben. [Electr. Rev. 118 (1936) S. 669.] *Dtt.*

[1]) Siehe ETZ 57 (1936) S. 169 u. 261.

621. 316. 13. 027. 2. 003. 1 **Die wirtschaftliche Bemessung städtischer Drehstrom-Niederspannungsmaschennetze.** — In dem Bestreben, die Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit der Stromverteilung zu erhöhen, sind eine Reihe städtischer Elektrizitätswerke zur Vollvermaschung ihrer Drehstrom-Niederspannungsnetze übergegangen. Die Betriebsführung derartiger Netze ist durch die in den zurückliegenden Jahren erfolgte Entwicklung von Maschennetzschaltern und selektiven Hochleistungssicherungen, ferner durch die Schaffung des Ausbrennverfahrens einwandfrei sichergestellt. Hierüber wurde in dem Schrifttum bereits mehrfach berichtet. Die vorliegende, aus dem Arbeitsbereich der BEWAG hervorgegangene Untersuchung behandelt die zweckmäßige Bemessung vermaschter Drehstrom-Niederspannungsnetze nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Es werden mathematische Beziehungen für die Bemessung und für die Gestehungs- und Betriebskosten der einzelnen Anlageteile abgeleitet, auf rechnerischem Wege wird sodann eine Bestimmungsgleichung gefunden, nach der die wirtschaftliche Leistung und Anzahl für die Transformatorenstationen sowie der günstigste Kabelquerschnitt für das Niederspannungsmaschennetz ermittelt werden kann. Bei allen Rechnungen wurde auf Allgemeingültigkeit größter Wert gelegt, so daß der Einfluß von Abweichungen von dem vorausgesetzten Netzaufbau auf die Endlösung mit Leichtigkeit überblickt werden kann. Anderseits wurde bewußt ein unübersichtlicher Aufbau der mathematischen Beziehungen vermieden, so daß an manchen Stellen ohne Einbuße an Genauigkeit von Näherungslösungen Gebrauch gemacht wurde. [K. Menny, Dissertation T. H. Hannover 1935.] *eb.*

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Beschäftigung[1]) der deutschen Elektroindustrie im zweiten Vierteljahr 1936. — Nach Überwindung der jahreszeitlichen Abschwächung während des ersten Vierteljahres 1936 und in Auswirkung des fortschreitenden deutschen Wirtschaftsaufschwungs haben sich der Auftragsbestand und die Beschäftigung der deutschen Elektroindustrie während der Berichtszeit erneut gehoben. So waren im Durchschnitt des zweiten Vierteljahres 1936 73,8 % der verfügbaren Arbeitsplätze besetzt gegenüber 71,5 % im ersten Vierteljahr und 69,4 % in der Vergleichszeit 1935. Infolge nahezu gleichbleibender durchschnittlicher täglicher Arbeitszeit je Arbeiter (7,54 Std gegen 7,60 Std) wirkte sich die Erhöhung der Kopfzahl auch in einer Erweiterung des Arbeitsvolumens aus. Gemessen an der Arbeiterstundenkapazität beträgt dieses nunmehr 69,7 % gegen 64,4 % im Vorjahr. Das stärkere Ansteigen der Angestelltenbeschäftigung hat sich in der Berichtszeit erneut fortgesetzt. Es sind jetzt 89,1 % der Angestelltenplatzkapazität ausgenutzt gegen erst 78,6 % im zweiten Vierteljahr 1935.

Zahlentafel 1. Beschäftigung*) der deutschen Elektroindustrie im 2. Vierteljahr 1936.

Monat	Zahl der beschäftigten Arbeiter in % der Arbeiterplatzkapazität		Zahl der beschäftigten Angestellten in % der Angestelltenplatzkapazität		Zahl der geleisteten Arbeiterstunden in % der Arbeiterstundenkapazität		durchschnittliche tägliche Arbeitszeit je Arbeiter h	
	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936
1. Vierteljahr	67,9	71,5	75,6	86,0	63,4	68,3	7,47	7,60
IV.	68,6	72,4	77,6	87,9	62,7	68,4	7,30	7,54
V.	69,4	73,6	78,7	89,1	66,9	70,6	7,71	7,65
VI.	70,3	75,3	79,6	90,2	63,5	70,0	7,16	7,43
2. Vierteljahr	69,4	73,8	78,6	89,1	64,4	69,7	7,39	7,54

*) Nach der Industrieberichterstattung des Statistischen Reichsamts.

Frankreichs Elektro-Außenhandel 1935. — Die französische Elektro-Einfuhr (Zahlentafel 1 und 2) betrug im Jahre 1935 43,3 Mill RM, die Ausfuhr (Zahlentafel 3 und 4) 34,4 Mill RM. Die Einfuhr ist damit gegenüber dem Vorjahr um 17,5 Mill RM oder 28,8 %, die Ausfuhr um 2,2 Mill RM oder 6,1 % gefallen. Bei diesem Vergleich muß die Veränderung des Zollgebietes durch Rückgliederung des Saarlandes in das Reich berücksichtigt werden, die naturgemäß in dem Außenhandel mit Deutschland ihre stärkste Auswirkung findet. In der Einfuhr führen nach wie vor die Gruppen Maschinen, Apparate und drahtlose Telegraphie und Telephonie einschl. Zubehör (1935 zusammen 65 %), in der Ausfuhr sind nach Maschinen Kabel und isolierte Drähte, Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht, Kohle für die Elektrotechnik die größten Gruppen, die zusammen 1935 über 60 % der Ausfuhr stellen. Unter den 5 Hauptlieferländern, auf die zusammen rd. 90 % der Einfuhr fallen, steht Deutschland nach wie vor an erster Stelle. Es folgen wie im Vorjahr die V. S. Amerika, Niederlande, Schweiz und Großbritannien;

Zahlentafel 1. Französische Elektro-Einfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1934		1935		Anteil a. d. französ. El.-Einfuhr	
	dz	1000RM	dz	1000RM	1934 %	1935 %
Elektr. Maschinen u. Teile davon	32 293	10 045	26 100	7 685	16,5	17,8
Kabel und isolierte Drähte	27 078	3 345	4 532	783	5,6	1,8
Schalt- u. Sicherheitsapparate	14 343	8 411	9 425	6 044	13,9	14,0
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	671	739	425	519	1,3	1,2
Drahtlose Telegraphie und Telephonie	22 215	11 696	14 965	7 327	19,2	16,9
Kondensatoren	4 547	2 245	7 022	3 206	3,7	7,4
Radioröhren	2 501	6 102	2 146	4 138	10,0	9,6
Glühlampen	1 828	2 588	1 281	2 161	4,3	5,0
Wärmegeräte, Staubsauger u. andere Haushaltgeräte, Kältemaschinen	19 112	5 121	13 993	3 747	8,4	8,6
Zündapp. u. Teile davon, Zündkerzen	3 750	3 183	2 313	1 865	5,2	4,2
Sonstige	.	7 348	.	5 838	11,9	13,5
Insgesamt	.	60 823	.	43 313	100	100

[1]) Siehe auch ETZ 57 (1936) H. 13, S. 718.

Zahlentafel 2. Französische Elektro-Einfuhr aus wichtigen Ländern.

Herkunftsländer[1])	1933	1934	1935	Anteil a. d. franz. El.-Einf. 1933	1934	1935
	1000RM	1000RM	1000RM	%	%	%
Deutschland	27 413	21 530	13 884	38,8	35,4	32,0
V. S. Amerika	11 111	12 488	9 168	15,7	20,5	21,2
Niederlande	11 615	10 164	7 223	16,4	16,7	16,7
Schweiz	5 782	5 440	4 573	8,2	9,0	10,5
Großbritannien	4 535	4 091	4 014	6,4	6,7	9,3
Österreich	756	859	1 270	1,1	1,4	2,9
Belgien-Luxemburg	1 426	1 144	981	2,0	1,9	2,3
Schweden	979	1 103	774	1,4	1,8	1,8
Sonstige Länder	7 078	4 004	1 426	10,0	6,6	3,3
Insgesamt	70 695	60 823	43 313	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe von 1935.

Zahlentafel 3. Französische Elektro-Ausfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1934		1935		Anteil a. d. französ. El.-Ausfuhr 1934	1935
	dz	1000RM	dz	1000RM	%	%
Elektr. Maschinen u. Teile davon[1])	44 283	8 574	30 405	6 003	23,3	17,5
Akkumulatoren u. Elemente	18 125	2 294	16 520	2 138	6,3	6,3
Kabel und isolierte Drähte	38 092	3 520	42 807	4 078	9,6	11,8
Schalt- u. Sicherheitsapparate	6 676	1 778	5 649	1 561	4,8	4,5
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	3 057	2 148	3 164	3 923	5,9	11,4
Drahtlose Telegraphie und Telephonie	5 156	3 584	4 847	3 171	9,8	9,2
Radioröhren	828	1 481	436	983	4,0	2,8
Glühlampen	2 964	1 429	2 619	1 228	3,8	3,5
Wärmegeräte, Staubsauger u. and. Haushaltgerät, Elektrowerkzeuge	6 529	1 972	5 265	1 617	5,4	4,7
Kohle für die Elektrotechnik	35 323	3 339	31 730	2 984	9,1	8,7
Sonstige	.	6 551	.	6 742	18,0	19,6
Insgesamt	.	36 670	.	34 428	100	100

[1]) ohne solche f. Kraftfahrzeuge; 1935 einschl. Teilen von Apparaten.

Zahlentafel 4. Französische Elektro-Ausfuhr nach wichtigen Ländern.

Absatzländer	1933	1934	1935	Anteil an der franz. El.-Ausf. 1933	1934	1935
	1000RM	1000RM	1000RM	%	%	%
Französ. Kolonialgebiet	23 011	20 304	17 651	58,8	55,4	51,3
Fremde Länder	16 119	16 366	16 777	41,2	44,6	48,7
	39 130	36 670	34 428	100	100	100
Französ. Ausfuhr nach wichtigen fremden Ländern in Europa[1])						
Belgien-Luxemburg	3 808	3 792	5 028	9,7	10,3	14,6
Großbritannien	2 135	2 398	2 086	5,5	6,6	6,1
Niederlande	961	874	1 251	2,5	2,4	3,6
Jugoslawien	47	190	1 173	0,1	0,5	3,4
Schweiz	1 089	987	1 119	2,8	2,7	3,3
Deutschland	1 240	2 159	752	3,2	5,9	2,2
Spanien	1 385	1 101	649	3,6	3,0	1,9
Italien	672	836	667	1,7	2,3	1,9
Tschechoslowakei	172	146	482	0,5	0,4	1,4
UdSSR	167	122	379	0,4	0,3	1,1
Portugal	289	166	217	0,7	0,5	0,6
Rumänien	165	326	190	0,4	0,9	0,6
Polen	356	108	184	0,9	0,3	0,5
Schweden	167	148	176	0,4	0,4	0,5
Dänemark	205	186	78	0,5	0,5	0,2
zus. 15 Länder	12 858	13 539	14 431	32,9	37,0	41,9
Französ. Ausfuhr nach wichtigen fremden Ländern in Übersee[1])						
Ägypten	672	379	519	1,7	1,0	1,5
V. S. Amerika	491	336	288	1,3	0,9	0,8
Argentinien	192	161	256	0,5	0,4	0,7
Brasilien	88	118	152	0,2	0,3	0,4
China	349	116	113	0,9	0,3	0,3
Türkei	171	217	52	0,4	0,6	0,2
zus. 6 Länder	1 963	1 327	1 380	5,0	3,5	3,9

[1]) geordnet nach der Größe von 1935.

V. S. Amerika und Großbritannien mit seit 1933 wesentlich gesteigertem prozentualen Anteil. Von der französischen Ausfuhr gingen 1935 17,7 Mill RM gegenüber 20,3 Mill RM im Jahre 1934 nach französischen Kolonialgebieten, auf die der Ausfuhrrückgang fast völlig entfällt, während die Ausfuhr nach dem Gesamtgebiet der fremden Länder um ein Geringes zugenommen hat, hauptsächlich infolge der gesteigerten Ausfuhr nach Belgien-Luxemburg, den Niederlanden, Jugoslawien, Tschechoslowakei und der UdSSR.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Neuregelung des Verhältnisses unserer Mitglieder zur Deutschen Arbeitsfront.

Im Einvernehmen mit dem Stellvertreter des Führers ist zwischen dem Reichsleiter der DAF Dr. Ley und dem Beauftragten für die Technik und deren Organisationen beim Stellvertreter des Führers Dr. Todt folgende Vereinbarung zustande gekommen:

1. Um das Zusammenwirken der DAF und den Dr. Todt unterstellten Organisationen sicherzustellen, wird mit sofortiger Wirkung ein Amt für technische Wissenschaft in der DAF eingerichtet.
2. Zum Leiter des Amtes ist der Hauptamtsleiter Dr. Todt bestellt.
3. Das Amt hat die Aufgabe, alle Anordnungen zu erlassen, welche eine Förderung der technisch-wissenschaftlichen Arbeit ermöglichen.
4. Diese Anordnungen werden Zug um Zug erlassen und bewegen sich im Rahmen der Verordnung des Führers vom 24. Oktober 1934.

Zu dieser Vereinbarung wurde jetzt folgende **Durchführungsbestimmung** erlassen:

1. Die Mitglieder der RTA-Vereine erwerben insgesamt die Einzelmitgliedschaft zur DAF. Ausgenommen von dieser Regelung sind die Mitglieder des Reichsbundes der Deutschen Beamten, die Mitglieder des NS-Lehrerbundes, die Mitglieder des Bundes Deutscher Rechtswahrer, die außerordentlichen Mitglieder.
2. Die Beiträge zu den anerkannten RTA-Vereinen werden auf die Beiträge zur DAF angerechnet. Der anzurechnende Teil der Beiträge wird wie bisher von den RTA-Vereinen eingezogen.
3. Die technische Durchführung wird durch besondere Richtlinien angeordnet.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

VDE 01250/1936.

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

Gültig ab 15. Oktober 1936[1]).

Inhaltsübersicht.

I. Allgemeines.
§ 1. Allgemeine Kennzeichnung.
§ 2. Leiter.
§ 3. Gummihülle.
§ 4. Verwendungsbereich.
§ 5. Unterscheidung der Adern von Mehrfachleitungen.

II. Bau und Prüfung der Leitungen.
A. Leitungen für feste Verlegung.
§ 6. Gummiaderleitungen.
§ 7. Sondergummiaderleitungen.
§ 8. Rohrdrähte.
§ 9. Bleimantelleitungen.
§ 10. Panzeradern.
B. Leitungen für Beleuchtungskörper.
§ 11. Fassungsadern.
§ 12. Pendelschnüre.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im September 1936. — Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 721 und 1195. Vorher hat eine Fassung dieser Umstell-Vorschriften (gültig ab 20. 12. 1934) bestanden, die in ETZ 55 (1934) S. 1185 u. 1261 veröffentlicht war.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß hat in der ETZ 57 (1936) S. 721 ff. einen Entwurf zu einer Neufassung der Umstell-Vorschriften VDE 01250 veröffentlicht.

Auf Grund der eingegangenen Einsprüche ist nunmehr die nachstehend veröffentlichte Fassung

VDE 01250/1936 „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgestellt, die durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und mit dem 15. Oktober 1936 in Kraft gesetzt ist.

Gleichzeitig hat der Vorsitzende des VDE die bisher gültige Fassung VDE 01250/1934 „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen U.V.I.L." von dem genannten Tage ab außer Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

C. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher.
§ 13. Gummiaderschnüre.
§ 14. Werkstattschnüre.
§ 14A. Besonders leichte Gummischlauchleitungen.
§ 15. Leichte Gummischlauchleitungen.
§ 16. Mittlere Gummischlauchleitungen.
§ 17. Starke Gummischlauchleitungen.
§ 18. Sonderschnüre.
§ 19. Hochspannungsschnüre.
§ 20. Aufzugsteuerleitungen.
§ 21. Biegsame Theaterleitungen.
§ 22. Leitungstrossen.

III. Belastungstafel für gummiisolierte Leitungen.
§ 23.

I. Allgemeines.

§ 1.

Allgemeine Kennzeichnung.

Die Leitungen müssen einen der Herstellerfirma als Warenzeichen (Ursprungszeichen) eingetragenen Firmenkennfaden enthalten, durch den ersichtlich gemacht wird, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind.

Für UV-Leitungen wird durch die Prüfstelle des VDE auf Grund eines besonderen Verfahrens der einfädig bedruckte schwarz-rot-grüne Kennfaden[2]) des VDE zugewiesen.

Kennfäden müssen unmittelbar unter der inneren Beflechtung, bzw. bei Leitungen mit einer äußeren Bandlage unter dieser Bandlage, bei Gummischlauchleitungen unter dem gemeinsamen inneren Gummimantel, bei Leitungen mit Metallmantel unmittelbar unter dem Metallmantel eingelegt sein.

Die Farben der Kennfäden, die infolge der Tränkung der Umhüllung nicht deutlich zu unterscheiden sind, müssen nach Abwaschen mit Benzin oder Benzol erkennbar sein.

§ 2.

Leiter.

a) Für die Beschaffenheit der Kupferleiter gilt VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik". Die Kupferleiter müssen verzinnt sein. Bei den Leitungen nach §§ 12, 13, 14a, 15, 16, 17, 20, 21 und 22 dürfen bis zum Querschnitt 6 mm² die Verzinnung und die jeweils vor-

[2]) Der schwarz-rot-grüne Kennfaden ist dem VDE als Warenzeichen (Verbandszeichen) geschützt.

Digitized by Google

geschriebenen Leiterbespinnungen aus Baumwolle oder Kunstseide in Fortfall kommen, wenn über dem Kupferleiter eine überlappende Bespinnung aus gefärbter Glashaut angeordnet wird.

b) Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik". Aluminiumleiter sind nur in Querschnitten von 35 mm² aufwärts für die Leitungen nach § 6 — mit Ausnahme der NGAW-Leitung als Freileitung — und §§ 7 und 10 zulässig. Die Durchmesser der einzelnen Drähte des Aluminiumleiters dürfen nicht kleiner sein als 1,35 mm.

§ 3.

Gummihülle.

Die Gummihülle ist einer Alterungsprüfung zu unterwerfen. Probestücke werden in einem Wärmeschrank mit zirkulierender Luft 7 × 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von 70 ° ± 2 ° gehalten. Die Erwärmung ist an der Leitung ohne gummiertes Band und ohne getränkte Beflechtung, aber mit dem Leiter vorzunehmen.

Die Gummihülle der Leiter sowie der innere Gummimantel bei NSH(UV)-Leitungen muß nach Fertigstellung nachstehenden Bedingungen entsprechen:

Vor und nach der Erwärmung muß die Gummihülle eine Zugfestigkeit von 50 kg/cm² und eine Bruchdehnung von 250 % der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen. Die Feststellung der mechanischen Eigenschaften nach der Erwärmung hat erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank zu erfolgen.

Die gemeinsamen Gummimäntel der Gummischlauchleitungen NLG (UV), NLH (UV), NMH (UV), NSH (UV) einadrig bis einschließlich 16 mm² und der äußere Gummimantel der NSH (UV)-Leitungen bis einschließlich 16 mm², die Gummihülle der Aufzugsteuerleitungen NFL (UV) und NFLG (UV), der Theaterleitungen NTK (UV) und NTSK (UV) sowie der Leitungstrossen NT (UV) müssen vor und nach der Erwärmung eine Zugfestigkeit von 70 kg/cm² und eine Bruchdehnung von 250 % der Anfangslänge aufweisen. Die ursprünglich ermittelten Werte dürfen nach der Erwärmung nicht mehr als 25 % abgefallen sein. Für die äußeren Gummimäntel der Gummischlauchleitungen NSH (UV) über 16 mm² müssen die entsprechenden Werte der Zugfestigkeit und der Bruchdehnung 150 kg/cm² und 400 % betragen; auch hierbei dürfen die ermittelten Werte nach der Erwärmung nicht mehr als 25 % abgefallen sein.

§ 4.

Verwendungsbereich.

Der Verwendungsbereich ist für jede Leitungsart besonders festgelegt.

Ist hierfür eine Nennspannung angegeben, so bedeutet diese in Netzen ohne geerdeten Nulleiter den höchsten Wert, den die Spannung zwischen zwei Leitern, in Netzen mit geerdetem Nulleiter den höchsten Wert, den die Spannung zwischen Leitern und Erde annehmen darf.

§ 5.

Unterscheidung der Adern von Mehrfachleitungen.

Die Einzeladern in den Mehrfachleitungen müssen voneinander unterscheidbar sein. Die Kennzeichnung soll erfolgen durch Färbung der jeweils vorgesehenen Baumwolle- oder Kunstseide-Bespinnung über dem Kupferleiter oder durch Färbung des gummierten Bandes über der Gummihülle oder durch verschiedene Färbung der Gummihülle selbst.

Die zur Kennzeichnung verwendeten Farben sind:

2 Adern: hellgrau — schwarz,
3 Adern: hellgrau — schwarz — rot,
4 Adern: hellgrau — schwarz — rot — blau,
5 Adern: hellgrau — schwarz — rot — blau — schwarz.

II. Bau und Prüfung der Leitungen.

A. Leitungen für feste Verlegung.

§ 6.

Gummiaderleitungen.

Bezeichnung: NGA (UV).
Nennspannung 750 V.

Gummiaderleitungen sind mit eindrähtigen Leitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 16 mm², mit mehrdrähtigen Leitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 1000 mm² als Einfach- und Mehrfachleitungen zulässig.

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben, die aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung hergestellt sein muß.

Für den Aufbau der Leiter und die Dicke der Gummihülle gilt Tafel I.

Tafel I.

1	2	3	1	2	3
Nennquerschnitt mm²	Mindestzahl der Drähte bei mehrdrähtigen Leitern	Dicke der Gummihülle mm	Nennquerschnitt mm²	Mindestzahl der Drähte bei mehrdrähtigen Leitern	Dicke der Gummihülle mm
1,5	7	0,8	150	37	2,0
2,5	7	0,9	185	37	2,2
4	7	1,0	240	61	2,4
6	7	1,0	300	61	2,6
10	7	1,2	400	61	2,8
16	7	1,2	500	91	3,2
25	7	1,4	625	91	3,2
35	19	1,4	800	127	3,5
50	19	1,6	1000	127	3,5
70	19	1,6			
95	19	1,8			
120	37	1,8			

Die Gummihülle ist mit gummiertem, gewebtem Band bewickelt. Bei Leitungen von 1,5 bis 6 mm² ist das Band in geeigneter Weise getränkt. Über dem ungetränkten, gummierten Band darf auch eine getränkte Beflechtung aus Kunstfaser angebracht sein. Bei Leitungen über 6 mm² ist über dem gummierten, gewebten Band eine weitmaschige, in geeigneter Weise getränkte Beflechtung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Stoff angebracht. Bei Mehrfachleitungen darf die Beflechtung gemeinsam sein.

Bei wetterfest getränkten Gummiaderleitungen [Bezeichnung NGAW (UV)] ist die Gummihülle mit einem gummierten, gewebten Band und darüber mit einem Papierband bewickelt. Hierüber ist eine mit wetterfester Masse getränkte Beflechtung aus Baumwolle angebracht. Wetterfeste Massen sind Massen, die trocknende pflanzliche Öle und Metalloxyde enthalten.

Zur Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit der getränkten Umhüllung sind die Leitungen um einen Dorn vom 5-fachen [NGAW(UV)-Leitungen vom 8-fachen] des äußeren Durchmessers der zu prüfenden Leitung bei einer Temperatur von etwa 20° zu wickeln. Hierbei darf die getränkte Umhüllung nicht brechen oder platzen.

Die Gummiaderleitungen müssen nach 24-stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25 ° während ½ h eine Wechselspannung von 2 kV bei 50 Per/s oder eine Gleichspannung von 2,8 kV zwischen den Leitern und zwischen Leiter und umgebendem Wasser aushalten. Für die Gleichspannungsprüfung muß eine Stromquelle von mindestens 2 kW benutzt werden.

§ 7.

Sondergummiaderleitungen für Nennspannungen von 2, 3, 6, 10, 15, 25 kV[3]).

Bezeichnung: NSGA (UV), der die Nennspannung in kV beizufügen ist.

Sondergummiaderleitungen sind mit eindrähtigen Leitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 16 mm², mit mehrdrähtigen Leitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 300 mm² als Einfach- und Mehrfachleitungen zulässig.

Die Mindestzahl der Drähte bei mehrdrähtigen Leitern ist aus Tafel I für NGA (UV)-Leitungen (§ 6) zu entnehmen.

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung umgeben. Die Mindestwanddicke der Gummihülle muß den Werten der Tafel II entsprechen.

Die Gummihülle kann mit einem gummierten, gewebten Band bewickelt sein.

Darüber befindet sich eine getränkte Beflechtung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Stoff. Bei Mehrfachleitungen darf die Beflechtung gemeinsam sein.

Die Sondergummiaderleitungen müssen nach 24-stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25° während

[3]) Diese Spannungen sind die Spannungen des Drehstromnetzes. Werden Leitungen für bestimmte Sternspannungen benötigt, so ist die dieser Sternspannung entsprechende Spannung des Drehstromnetzes zu ermitteln und die Leitung danach auszuwählen.

Digitized by Google

½ h eine Wechselspannung bei 50 Per/s gemäß Tafel III zwischen den Leitern und zwischen Leiter und umgebendem Wasser aushalten.

Tafel II.

1	2	3	4	5	6	7
Nenn-querschnitt	Wanddicke (mm)					
mm²	2 kV	3 kV	6 kV	10 kV	15 kV	25 kV
1,5	1,5	1,7	3,0	—	—	—
2,5	1,5	1,8	3,0	—	—	—
4	1,5	1,8	3,0	4,7	—	—
6	1,5	1,8	3,0	4,7	—	—
10	1,7	2,0	3,2	4,5	7	—
16	1,7	2,0	3,2	4,3	7	10
25	2,0	2,2	3,2	4,3	7	10
35	2,0	2,2	3,2	4,3	7	10
50	2,3	2,4	3,4	4,3	7	10
70	—	2,4	3,4	4,3	7	10
95	—	2,6	3,4	4,3	7	10
120	—	2,6	3,4	4,3	7	10
150	—	2,8	3,6	4,3	7	10
185	—	3,0	3,6	4,3	7	10
240	—	3,2	3,8	4,3	7	10
300	—	3,4	3,8	4,3	7	10

Tafel III.

Nennspannung kV	Prüfspannung kV	Nennspannung kV	Prüfspannung kV
2	4	10	15
3	6	15	23
6	10	25	35

§ 8.

Rohrdrähte.

Verwendung: Zur erkennbaren Verlegung, die es ermöglicht, den Leitungsverlauf ohne Aufreißen der Wände zu verfolgen.

Bezeichnung: NRA (UV)-Rohrdrähte mit Papier- oder Bitumenfüllung.
[NRA (UV)-Rohrdähte mit Bitumenfüllung ersetzen die Rohrdrähte mit Gummifüllung.]

Nennspannung: 250 V.

Bezeichnung: NRU (UV) umhüllte Rohrdrähte (kabelähnliche Leitungen).

Nennspannung: 300 V.

Rohrdrähte sind NGA (UV)-Leitungen ohne Beflechtung mit besonderer isolierender Hülle und gefalztem, eng anliegendem Metallmantel (nicht Bleimantel). Der Metallmantel muß eine Wanddicke von mindestens 0,2 mm, falls Zink oder Aluminium verwendet wird, mindestens 0,25 mm haben. Die Rohrdrähte sind mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 6 mm², mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 10 mm², als Einfach- und Mehrfachleitungen zulässig. Bei Mehrfachleitungen sind die Einzeladern miteinander verseilt. Einfach- und Mehrfachleitungen haben eine isolierende Hülle, die für Leitungen von 1,5 bis 6 mm² 0,4 mm, für Leitungen von 10 mm² 0,6 mm Wanddicke hat.

Diese Hülle besteht aus mehreren Lagen getränkten Papierbandes, das mit Überlappung wendelförmig herumgewickelt ist, oder aus Bitumen. Sie darf bei Einfachleitungen fortfallen, wenn die Gummiwanddicke der Adern bei Leitungen von 1,5 bis 6 mm² um 0,4 mm und bei Leitungen von 10 mm² um 0,6 mm erhöht wird. Bei Mehrfachleitungen sind die Hohlräume mit Papier oder Bitumen ausgefüllt. Falls der Metallmantel der Rohrdrähte aus Eisen besteht, ist er mit einem rostsicheren Überzug versehen, der entweder aus Blei [Bezeichnung: NRAP (UV)] oder Aluminium [Bezeichnung: NRAA (UV)] bestehen soll. Bei verbleiten Eisenbändern muß die Bleiauflage mindestens 3,4 g/dm² sein. Für den äußeren Durchmesser gelten die Werte der Tafel IV.

Einadrige Rohrdähte müssen, mehradrige Rohrdrähte dürfen unmittelbar unter dem gefalzten Metallmantel und in metallener Verbindung mit ihm einen blanken oder verzinnten Kupferleiter (Beidraht) enthalten, dessen Nennquerschnitt den Werten der Tafel IV a entsprechen muß.

Tafel IV.

1	2	3	4	5
Anzahl der Adern und Kupfer-Nenn-querschnitt mm²	NRA (UV) Außendurchmesser (über Falz gemessen)		NRU (UV) Außendurchmesser	
	nicht unter mm	nicht über mm	nicht unter mm	nicht über mm
1,5	5,3	6,3	—	—
2,5	6,5	7,5	—	—
4	6,8	7,8	—	—
6	7,3	8,3	—	—
10	9	10	—	—
2×1,5	8,5	9 5	12	13
2×2,5	9,5	10,5	13,5	14,5
2×4	11	12	14,5	16
2×6	12	13	16,5	18
2×10	15,5	16,5	21	22,5
3×1,5	9	10	12,5	13,5
3×2,5	10	11	14	15
3×4	11,5	12,5	15,5	17
3×6	12,5	13,5	17,5	19
3×10	16,5	18	22	23,5
4×1,5	9,5	10,5	13,5	14,5
4×2,5	11	12	15	16
4×4	13	14	16,5	18
4×6	15	16	19	20,5
4×10	18.5	20	23,5	25
5×1,5	10,5	11,5	14,5	16

Tafel IVa.

Kupfer-Nennquerschnitt mm²	Kupfer-Nennquerschnitt des Beidrahtes mm²
1,5	1,5
2,5	2,5
4	4
6	4
10	6

Ist dieser Beidraht mehrdrähtig ausgeführt, so darf der Durchmesser des einzelnen Drahtes nicht kleiner als 1 mm sein. Bei Rohrdrähten, bei denen die über den Adern angeordnete Hülle aus Bitumen besteht, muß der Kupferleiter verzinnt sein.

Mehradrige Rohrdrähte mit Bitumen als Füllmaterial, bei denen der gefalzte Metallmantel eine besondere Umhüllung hat [Bezeichnung: NRU (UV)], sind kabelähnliche Leitungen und müssen einen eingelegten Kupferleiter (Beidraht) haben. Für den Querschnitt und die Beschaffenheit des Beidrahtes sowie für die Prüfung der Umhüllung gelten die Bestimmungen in § 9 für Bleimantelleitungen.

Die Rohrdrähte müssen in trockenem Zustande während je ½ h eine Wechselspannung von 2 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Metallmantel aushalten.

Die Prüfung des Rostschutzes ist in folgender Weise vorzunehmen:

A. Feststellung der Verbleiungsdicke und der Gleichmäßigkeit der Bleischicht auf chemischem Wege.

1. Feststellung der Verbleiungsdicke durch Elektrolyse.

Elektrolyt: Natronlauge vom spez. Gewicht 1,075.

Der Elektrolyt muß nahe am Siedepunkt gehalten werden (etwa 96 °). Die Stromstärke muß 1,8 A/dm² bei einer Anfangsspannung von 0,8 V und einer Endspannung von etwa 3 V sein. Die Dauer der Entbleiung richtet sich nach der Dicke der Bleischicht und beträgt etwa ½ bis 1 h. Der Elektrodenabstand ist 4 bis 5 cm. Als Kathode dient ein blankes Eisenblech, als Anode das zu entbleiende Mantelstück ohne Falz. Dieses muß an einem Eisendraht aufgehängt werden und vollständig vom Elektrolyten umgeben sein. Vor dem Versuch muß das Blei auf der Innenseite des Bandes vollständig entfernt oder durch einen Anstrich geschützt werden. Das Bleigewicht muß mindestens 3,4 g/dm² sein.

2. Feststellung der Gleichmäßigkeit der Bleischicht durch Korrosionsprüfung.

Unter eine Glasglocke werden, ohne den Luftzutritt abzusperren, ein Porzellanschälchen mit unverdünnter Salzsäure und daneben die zu prüfenden entfetteten Rohrdraht-

Digitized by Google

stücke gebracht. Bei diesem Versuch dürfen sich nach 3 h Versuchsdauer unter darauffolgendem 3-stündigen Liegen in feuchter Luft keine Rostflecke zeigen.

B. Die Prüfung mit Aluminium überzogener Eisenmäntel ist in folgender Weise vorzunehmen:

Mit Aluminium überzogene Eisenmäntel müssen vor der Prüfung mit Äther gründlich entfettet werden. Um Fehler oder mechanische Verletzungen der Aluminiumauflage festzustellen, werden die Eisenmäntel zunächst in eine Kupfersulfatlösung (1 : 5) 30 s eingetaucht. Nach sorgfältigem Abspülen mit fließendem Wasser werden die Eisenmäntel jeweils 60 s in Salzsäure getaucht (n/1 Salzsäure = 36,5 g Salzsäure in 1000 cm³ Wasser), nach abermaligem Abspülen jeweils 30 s der Kupfersulfatlösung ausgesetzt. Auf den Eisenmänteln darf nach 4 Tauchungen dieser Art kein erkennbarer Kupferniederschlag auftreten.

§ 9.
Bleimantelleitungen.

Verwendung: Zur festen Verlegung über Putz. (Für Verlegung im Erdboden nicht zulässig.)

Bezeichnung: NBU (UV) (mit Faserstoffbeflechtung), NBEU (UV) (mit Eisenbandbewehrung und Faserstoffbeflechtung).

Nennspannung 300 V.

Bleimantelleitungen sind kabelähnliche Leitungen. Sie sind mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 6 mm², mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Querschnitten von 10 mm² als Zweifach-, Dreifach- und Vierfachleitungen zulässig. Als Adern sind NGA (UV)-Leitungen ohne Beflechtung (§ 6) zu verwenden. Die Einzeladern sind verseilt und mit Bitumen so umpreßt, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind und der Mantel an der dünnsten Stelle für Leitungen bis 6 mm² 0,4 mm, für Leitungen von 10 mm² 0,6 mm dick ist. Diese Hülle ist mit einem nahtlosen, enganliegenden Bleimantel umpreßt.

Bleimantelleitungen müssen unmittelbar unter dem Bleimantel und in metallener Verbindung mit ihm einen verzinnten Kupferleiter (Beidraht) haben, der für Leitungen von 1,5 bis 2,5 mm² einen Nennquerschnitt von 1 mm², für Leitungen von 4 und 6 mm² einen Nennquerschnitt von 1,5 mm² und für 10 mm² einen Nennquerschnitt von 2,5 mm² haben muß. Ist dieser Beidraht mehrdrähtig ausgeführt, so darf der Durchmesser des einzelnen Drahtes nicht kleiner als 1 mm sein.

Der Bleimantel ist mit chemisch widerstandsfähiger Masse umgeben, mit mindestens zwei in chemisch widerstandsfähiger Masse gebetteten Lagen getränkten Papiers bewickelt und mit Faserstoffen (Baumwolle, Jute, Hanf oder gleichwertigen Stoffen) beflochten, die mit chemisch widerstandsfähiger Masse getränkt sind [Bezeichnung: NBU (UV)]. Bei bewehrten Bleimantelleitungen [Bezeichnung: NBEU (UV)] ist über der Papierbespinnung eine Bewehrung mit 2 Lagen Bandeisen von 0,2 mm Dicke, hierüber eine Bewicklung mit einer in chemisch widerstandsfähiger Masse gebetteten Lage getränkten Papiers und darüber eine Beflechtung mit Faserstoffen (Baumwolle, Jute, Hanf oder gleichwertigen Stoffen), die mit chemisch widerstandsfähiger Masse getränkt ist, angebracht.

Die Schutzhülle über dem Bleimantel darf auch aus einer anderen gleichwertigen Hülle bestehen.

Die Bleimantelleitungen müssen in trockenem Zustande während je ½ h eine Wechselspannung von 2 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Metallmantel aushalten.

Für die Prüfung der Umhüllung aller kabelähnlichen Leitungen gelten die folgenden Vorschriften:

A. Elektrische Prüfung der Umhüllung.

Die zu prüfende Leitung ist über einen Dorn von etwa 20-fachem Außendurchmesser der Leitung, mindestens aber von 30 cm, zu einem vollständigen Ring zu biegen und in Wasser zu legen. Die Enden sollen je 25 cm herausragen. Nach 1 h muß dann der Ring zwischen Metallmantel und Wasser 10 min lang eine Wechselspannung von 1 kV aushalten. Beim Biegen von Leitungen mit gefalztem Metallmantel soll der Falz seitlich liegen. Bei Prüfung der Ausführung NBEU (UV) ist die Bandeisenbewehrung freizulegen und nicht mit dem Bleimantel zu verbinden.

Die Prüfung ist zunächst an drei Probestücken vorzunehmen. Hält eines dieser Probestücke die Prüfspannung nicht aus, so ist eine weitere Prüfung mit zwei neuen Probestücken vorzunehmen. Wird von einem dieser beiden Probestücke die Prüfung auch nicht bestanden, so genügt die untersuchte Leitung nicht.

Für Bleimanteldicke und Außendurchmesser der Bleimantelleitungen gelten die Werte der Tafel V.

Tafel V.

1	2	3	4	5	6
Kupfer-Nennquerschnitt	Dicke des Bleimantels etwa	NBU (UV) Außendurchmesser		NBEU (UV) Außendurchmesser	
		nicht unter	nicht über	nicht unter	nicht über
mm²	mm	mm	mm	mm	mm
2 × 1,5	0,9	13	14	14	15
2 × 2,5	0,9	14	15	15	16
2 × 4	1,0	16	17,5	17	18,5
2 × 6	1,0	17	18,5	18	19,5
2 × 10	1,1	21,5	23	22,5	24
3 × 1,5	0,9	13,5	14,5	14,5	15,5
3 × 2,5	1,0	15	16	16	17
3 × 4	1,0	17	18,5	18	19,5
3 × 6	1,0	18	19,5	19	20,5
3 × 10	1,1	22,5	24	23,5	25
4 × 1,5	0,9	14,5	15,5	15,5	16,5
4 × 2,5	1,0	16	17	17	18
4 × 4	1,0	18	19,5	19	20,5
4 × 6	1,0	19,5	21	20,5	22
4 × 10	1,1	24,5	26	25,5	27

B. Chemische Prüfung der Umhüllung.

1,5 m der zu prüfenden Leitung wird um einen Dorn von etwa 20-fachem Außendurchmesser der Leitung, mindestens aber von 30 cm, zu einer Wendel gewickelt. Beim Biegen von Leitungen mit gefalztem Mantel soll der Falz seitlich liegen. Die Enden sind mit Kabelvergußmasse abzudichten. Diese Wendel wird den Dämpfen von Salpetersäure mit dem spezifischen Gewicht 1,285 bei einer Zimmertemperatur von etwa 20 ° 8 Tage lang ausgesetzt.

Die Wendel ist unter eine Glasglocke zu legen, die einen Innendurchmesser von 50 cm und eine lichte Höhe von 25 cm hat und auf eine Glasplatte gestellt wird. 100 cm³ Salpetersäure sind in eine Porzellanschale von 15 cm Durchmesser zu gießen und ebenfalls unter die Glasglocke zu bringen. Die Wendel ist auf Glasstäben so zu lagern, daß sie die Glockenwand nicht berührt. Die Glasglocke ist auf der Glasplatte sorgfältig abzudichten und in diffusem Licht unter Vermeidung direkter Sonnenbestrahlung aufzustellen. Unter eine Glasglocke dürfen nur zwei Wendel gelegt werden.

Nach dieser Prüfung muß die Leitung nach 1-stündiger Wässerung eine Wechselspannung von 1 kV zwischen Metallmantel und Wasser 10 min lang aushalten. Bei Prüfung der Ausführung NBEU (UV) ist die Bandeisenbewehrung freizulegen und nicht mit dem Bleimantel zu verbinden.

§ 10.
Panzeradern.

Bezeichnung: NPA (UV).

Nennspannung 1 kV.

Panzeradern sind mit eindrähtigen Leitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 16 mm², mit mehrdrähtigen Leitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 300 mm² als Einfach- und Mehrfachleitungen zulässig.

Die Mindestzahl der Drähte bei mehrdrähtigen Leitern muß den Werten der Tafel I für NGA (UV)-Leitungen (§ 6) entsprechen.

Tafel Va.

1	2	1	2
Nennquerschnitt	Wanddicke der Gummihülle	Nennquerschnitt	Wanddicke der Gummihülle
mm²	mm	mm²	mm
1,5	1,5	70	2,4
2,5	1,5	95	2,6
4	1,5	120	2,6
6	1,5	150	2,8
10	1,7	185	3,0
16	1,7	240	3,2
25	2,0	300	3,4
35	2,0		
50	2,3		

Digitized by Google

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung umgeben. Die Wanddicke der Gummihülle muß den Werten der Tafel V a entsprechen.

Die Gummihülle ist mit gummiertem, gewebtem Band bewickelt. Bei mehradrigen Leitungen ist als Ausfüllung getränktes Papier zu verwenden. Hierüber ist eine Bewicklung mit zwei Lagen getränkten Papiers und eine Beflechtung aus Metalldrähten, die gegen Rosten geschützt sind, angebracht.

Die Panzeradern müssen in trockenem Zustande während je ½ h eine Wechselspannung von 4 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Schutzpanzer aushalten. *(Schluß folgt.)*

Bekanntmachung.

Ausschuß für Klein- und Kleinspannungs-Transformatoren.

In ETZ 57 (1936) S. 107 war der vom Vorsitzenden des VDE genehmigte endgültige Wortlaut von

VDE 0550/1936 „Vorschriften für Bau und Prüfung von Schutz-, Netzfernmelde- und sonstigen Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung"

veröffentlicht. § 8 Abs. b) erhält noch folgende Fußnote[2]):

„[2]) In dem besonderen Fall, daß es sich um in Geräte fest eingebaute Transformatoren handelt, können für Kriechstrecken, Schlagweiten zwischen Teilen verschiedener Polarität und Schlagweiten zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten Gehäuseteilen oder der Wand die in den betreffenden Vorschriften (z. B. VDE 0804 und VDE 0860) festgelegten Mindestwerte beibehalten werden."

Sonderdrucke von VDE 0550/1936 sind in Kürze zum Preise von 0,40 RM von der Geschäftstelle des VDE zu beziehen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Die VDE-Prüfstelle hat festgestellt, daß die Firma Elektro-Weipa, Gräfenthal i. Thür., Gerätesteckdosen mit dem Warenzeichen Ⓦ der Firma Weisse & Co., Gräfenthal, angefertigt und vertrieben hat, welche widerrechtlich das VDE-Zeichen tragen.

Vor dem Ankauf und der Verwendung dieser Gerätesteckdosen wird gewarnt.

Zurückziehung von Prüfzeichengenehmigungen.

Für die nachstehend aufgeführten Erzeugnisse wurden die Prüfzeichengenehmigungen für ungültig erklärt:

1. Porzellanabzweigdosen für Rohr- und Rohrdrahtverlegung der Firma Lübtheener Porzellanfabrik, G. Ludwig, Lübtheen (Gen.-Nr. 931/1);
2. Hochfrequenzheilgeräte der Fa. Dr. Förster & Co., Leipzig, für 110 bis 220 V, Gleich- und Wechselstrom, Type „Sanostra" (Gen.-Nr. 6520);
3. Zweipolige Stecker 6 A 250 V, Pl.-Nr. 350 und Pl.-Nr. 700, sowie zweipolige Aufputzsteckdosen 10 A 250 V der Fa. A. Theinert, Lüdenscheid (Gen.-Nr. 7243, 7244 und 612/1).

Auf den Ablauf dieser Genehmigungen wird besonders hingewiesen, weil dieselben der VDE-Prüfstelle bisher nicht zurückgegeben worden sind.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann

Sitzungskalender.

Gau Hansa, Hamburg. 14. 10. (Mi), 20^{00}, Techn. Staatslehranstalten: „Entwicklungsstand und Anwendung neuzeitlicher Photozellen" (m. Vorführ.). Dr. W. Kluge VDE.

Gau Pommern, Stettin. 16. 10. (Fr), 20^{15}, Konzerthaus: „Fortschritte in der elektrischen Beleuchtung von Arbeitsräumen unter bes. Berücks. von Werkplatzbeleuchtung (m. Lichtb). Dipl.-Ing. Riemann.

Gau Südbaden, Freiburg i. B. 17. 10. (Sa): Besichtigung der Kappeler Erzbergwerke. Besondere Einladungen erfolgen.

Gau Württemberg, Stuttgart. 10. 10. (Sa): Besichtigung der Hafenanlagen von Heilbronn.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

F. Ahlen. — Am 1. 9. war der Generaldirektor der Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke, Herr Reg.-Bmstr. a. D. Franz Ahlen 25 Jahre in den Diensten der Stadt Köln. Nach einer mehrjährigen Tätigkeit bei der Eisenbahn und bei der Stadt Düsseldorf war er 1911 als Oberingenieur in die Dienste Kölns getreten und übernahm bereits im Jahre 1914 die Leitung des gesamten Verwaltungsapparates und der kaufmännischen Abteilung der Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke. 1917 wurden die Elektrizitätswerke von den Gas- und Wasserwerken getrennt und der selbständigen Leitung des Herrn Ahlen anvertraut, von 1931 an leitete er auch die Gas- und Wasserwerke. Er legte die drei Werke verwaltungstechnisch und betrieblich zusammen und gestaltete sie dadurch besonders wirtschaftlich. — In der Elektrizitäts- und Gaswirtschaft ist Gen.-Dir. Ahlen eine bekannte Persönlichkeit. Während der Besetzungszeit gründete und leitete er den Verband der Elektrizitätswerke im besetzten Gebiet. Zehn Jahre lang stand er dem Rheinischen Bezirksverband der Elektrizitätswerke vor und arbeitet jetzt in einer führenden Stellung der Bezirksgruppe Rheinland der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung. In zahlreichen Organisationen, die seinen Arbeitsgebieten nahestehen, ist er ehrenamtlich tätig.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Elektrische Messungen. Von Obering. W. Skirl. Siemens-Handbuch Bd. 6. 2. neubearb. Aufl. Mit 711 Abb., 15 Tafeln, XXXX u. 802 S. im Format A 5. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1936. Preis geb. 15 RM.

Der Verfasser hat das große Stoffgebiet in zwei Hauptteile, Starkstrommessungen und Schwachstrommessungen, unterteilt. Im ersten Abschnitt werden u. a. die Messungen von Strom, Spannung, Leistung, Verlustfaktor und Frequenz behandelt. Je ein Kapitel ist der Eichung von Zählern, dem Synchronisieren von Wechselstrommaschinen, der Erdschlußüberwachung, der Prüfung der Isolierfestigkeit, den Öl- und Relaisprüfeinrichtungen gewidmet. Die Fernübertragung der Meßergebnisse wird im Prinzip erläutert. Der Verfasser schließt jeweils an die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker an und bringt eine Beschreibung und nähere Angaben über die für die verschiedenen Aufgaben zur Verfügung stehenden Meßinstrumente. Es werden ausschließlich Erzeugnisse der Firma Siemens in den Kreis der Betrachtung gezogen, was auch aus dem Titel des Buches: „Siemens Handbuch, 6. Band", hervorgeht. Im zweiten Teil werden u. a. Wechselstromerzeuger, Verstärkerröhren, Messung kleiner Ströme und Spannungen, Bolometer,

Digitized by Google

Scheinwiderstandsmessungen, Fehlerortsbestimmungen und Kompensationsmeßverfahren erörtert. Ein Abschnitt beschreibt die technischen Kapazitätsmesser, wobei die Brückenmeßverfahren nur kurz erwähnt werden. Zu den Schwachstrommessungen gehören auch Widerstandsbrükken für die Ermittelung von Erdungswiderständen und Induktivitäten. Wenn im Kapitel über die Induktivität allgemein gesagt wird, daß eine Spule, die Eisen enthält, eine Verkleinerung der Selbstinduktion gegenüber einer Spule ohne Eisen erfährt, so ist das nur bedingt richtig. Selbstverständlich sind auch die neuesten Meßapparate, wie Ferrometer, Kathodenstrahloszillograph, Schalldruckmesser, Universalgeräuschmesser, Verkehrsgeräuschmesser, Photozellen sowie die neuzeitlichen Einrichtungen für die Prüfung und Einrichtung von Meßinstrumenten und Wandlern beschrieben.

Bei der Entwicklung der neuzeitlichen Meßtechnik hätten einfache und bekannte Meßverfahren kürzer gefaßt werden können, während über neuzeitliche Meßfragen an manchen Stellen mehr zu sagen gewesen wäre. Alles in allem ist das preiswerte Buch für jeden, der sich allgemein über die zur Verfügung stehenden Meßinstrumente unterrichten will, zu empfehlen. G. Pfestorf VDE.

Kathodenstrahl-Oszillographie in Biologie und Medizin. Von Dr.-Ing. W. Holzer. Mit 74 Abb. u. 22 Zahlentafeln, X u. 155 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag Wilhelm Maudrich, Wien 1936. Preis geb. 10 RM.

„Dieses Buch ist als Einführung in die Meßtechnik der Kathodenstrahl-Oszillographie auf dem weiten Gebiet von Biologie und Medizin gedacht."

Das unter dem vorstehenden Leitgedanken geschriebene Buch kann für den forschenden Biologen zu einem wertvollen Wegweiser werden. Das Elektronenstrahlrohr, das im Laufe der letzten Jahre zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel des Elektrotechnikers geworden ist, ist in hervorragender Weise geeignet, auch die biologische und medizinische Forschung zu unterstützen. Die genaue Kenntnis des Werkzeuges ist die selbstverständliche Voraussetzung für die richtige Handhabung. Es ist daher sehr verdienstvoll, wenn der Verfasser durch eine Schrifttumsauslese alles das zusammenträgt, was der Biologe braucht, um sich mit diesem Meßgerät vertraut zu machen. Notwendig ist es hierbei, daß sich eine Einführung auf das wesentliche beschränkt, was dem Verfasser nicht in allen Punkten vollständig gelungen ist. Es wäre z. B. richtiger gewesen, die bis in alle Einzelheiten gehende Beschreibung eines Hochleistungs-Kathodenstrahl-Oszillographen und seiner Bedienungshandgriffe fortzulassen, zumal der beschriebene Oszillograph für unsere heutigen Begriffe umständlich und veraltet erscheint.

Etwas zu kurz behandelt ist die Elektronenstrahlröhre selbst. Insbesondere ist die Elektronenstrahlröhre mit Hochvakuum zu kurz gekommen.

Da die Empfindlichkeit der Elektronenstrahlröhren für die biologischen Untersuchungen zu gering ist, müssen fast alle Vorgänge verstärkt werden. Ein Viertel des Buchumfanges ist daher Verstärkerfragen gewidmet. Die großen elektrotechnischen Erfahrungen des Verfassers machen diesen Abschnitt besonders wertvoll. Hier ist alles zu finden, was zum Verständnis der Arbeitsweise des Verstärkers von Bedeutung ist. Die Bemessungsgrundlagen für verschiedene Verstärker werden soweit dargelegt, daß nach Ansicht des Verfassers ein Nachbau leicht möglich ist. Dagegen ist allerdings zu sagen, daß ein Nachbau ohne gründliche Kenntnisse der Elektrotechnik nur dann Erfolg haben kann, wenn wirkliche Baupläne mit genauer Leitungsführung gegeben werden. Der Bau eines mehrstufigen Gleichstromverstärkers sollte immer dem Fachmanne überlassen bleiben.

Der elektrotechnische Teil des Buches wird durch Ausführungen über Spannungsteiler, Umformung nichtelektrischer Größen in Meßspannungen, Verfahren zur Zeitablenkung des Elektronenstrahles und Aufnahmeverfahren vervollständigt.

Die vielseitige Verwendungsmöglichkeit der Elektronenstrahlröhre in der medizinischen und biologischen Forschung wird durch zahlreiche Oszillogramme belegt, z. B. Aufnahmen von Aktionsspannungen von Muskeln, Nervenaktionsspannungen, Elektrokardiogrammen und Schallerscheinungen. Ein kritischer Vergleich zwischen der Elektronenstrahlröhre und den bisher in der Biologie üblichen Meßgeräten beschließt das Buch. Eine ausgezeichnete Übersicht über das einschlägige Schrifttum ermöglicht ein weiteres Einarbeiten in Sonderfragen. Ausstattung und Druck des Buches sind vorzüglich.

F. Hauffe VDE.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Einführung in die symbolische Methode zur Lösung von Wechselstromaufgaben. Nach Vorlesungen über Allgemeine Elektrotechnik an der Staatlichen Tung-Chi-Universität, Woosung, China. Von Prof. Dr.-Ing. P. Böning. Mit 48 Abb. u. 85 S. im Format 190 × 260 mm. Woosung 1395. Preis geh. 2 RM.

Misure. Rendiconti della XL Riunione Annunale dell' A. E. I. Teil I: Misure de carattere generale (alta e bassa frequenza) varie. Teil II: Misure interessanti le frequenze industriali. Teil III: Misure interessanti le comunicazioni (alta frequenza). Herausgegeben von der Associazioni Elettrotecnica Italiana (AEI), Mailand. (Supplemento A zu L'Elettrotecnica Bd. 22 (1935). Mit zahlr. Abb., 154, 188 u. 179 S. im Format 235 × 325 mm. Verlag der AEI, Mailand, Via San Paolo N. 10, 1935. Preis für Einzelband 20,— Lire, für Gesamtband 45,— Lire.

Wahrscheinlichkeitsberechnungen in der Kraft und Wärmetechnik. Von J. Kuusinen. (Acta Academiae Aboensis Mathematica et Physica IX, 6.) Mit 45 Abb. u. 142 S. im Format 170 × 240 mm. Abo Academi, Abo (Finnland), 1936.

Dielectric phenomena in high voltage cables. Von D. M. Robinson. Mit einem Vorwort von P. V. Hunter. (Monographie on electrical Engineering Bd. III, herausg. v. H. P. Young. Mit 96 Abb., XII u. 173 S. im Format 140 × 220 mm. Verlag Chapman & Hall, Ltd., London 1936. Preis geb. 15 sh.

Gewerblicher Rechtsschutz. Patentgesetz, Gebrauchsmustergesetz, Warenzeichengesetz, Gesetz über die patentamtlichen Gebühren vom 5. Mai 1936. Textausgabe mit Einleitung, Amtlicher Begründung, Verweisungen und Sachregister. Herausg. v. Ministerialrat Dr. rer. pol. Dr. jur. G. Wilke. Mit 160 S. im Format 115 × 160 mm. Verlag Franz Vahlen, Berlin 1936. Preis geb. 1,85 RM.

Komplexe Zahlen und Zeiger in der Wechselstromlehre. Von Prof. Dipl.-Elektroing. M. Landolt. Mit 160 Abb., VIII u. 185 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 14,40 RM, geb. 15,60 RM.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Reichsverband der Technischen Überwachungs-Vereine, Berlin (früher Allg. Verband der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine). 22. 10. (Do): Erste ord. Mitgliederversammlung in Koblenz. 1. „Die Entwicklung der Höchstdruckkessel und Betriebserfahrungen in den letzten fünf Jahren." Obering. Quack. 2. „Werkstoffprüfung im Dienst der Sicherheit — aus den Tätigkeitsgebieten der Vereine." Dr.-Ing. Rist. Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Berlin W 15, Kurfürstendamm 165/66.

Wasserwirtschaftsverband der österreichischen Industrie, Wien. 17. 10 (Sa), Wien (Industriehaus): Tagung für Wasserbau und Wasserwirtschaft mit Besichtigungen. Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Wien III, Lothringer Straße 12.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 2. Oktober 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 15. Oktober 1936** **Heft 42**

Neue Verfahren zur Schlupfmessung.

(Mitteilung aus dem Institut für Allgemeine Elektrotechnik der T. H. Dresden.)

Von Karl Schmieder, Dresden.

621. 317. 363

Übersicht. Im Folgenden sollen neue und einfache Verfahren und die Vorrichtungen dazu beschrieben werden, die es ermöglichen, den Schlupf oder überhaupt die Größe einer Relativbewegung zwischen zwei bewegten Systemen zu messen, aufzuschreiben oder fernzumelden, ganz gleich, ob es sich um elektrische oder mechanische Systeme handelt.

Bei der Schlupfmessung handelt es sich immer um die Messung einer Relativbewegung, die zwei Systeme gegeneinander ausführen. Die Bewegungen können dabei Drehbewegungen, Rollbewegungen oder aus beiden zusammengesetzte Bewegungen sein. Der Schlupf zwischen beiden bewegten Systemen, von denen das eine das treibende, das andere das getriebene ist, stellt stets einen Verlust dar, ob es sich nun um Schlupf an elektrischen Maschinen oder an mechanischen Einrichtungen, wie Riementriebe, Reibräder, Flüssigkeitsgetriebe usw. handelt. Man sucht deshalb seine Größe, mit wenig Ausnahmen (z. B. Bremsung), herabzusetzen. Das wird um so besser gelingen, je einfacher und genauer wir ihn unter allen technisch vorkommenden Betriebsbedingungen messen können. Die Messung des Schlupfes an längsbewegten Systemen kann in den meisten Fällen auf die Messung an drehenden zurückgeführt werden, weil bei Längsbewegung meist eine Drehbewegung im Spiele ist, wie z. B. bei Schienen- oder Straßenfahrzeugen. Hier dienen die Räder mit den Achsen

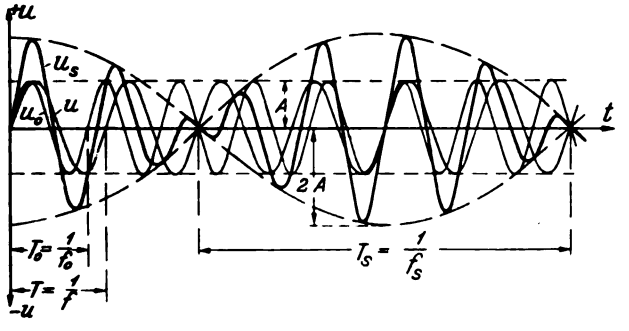
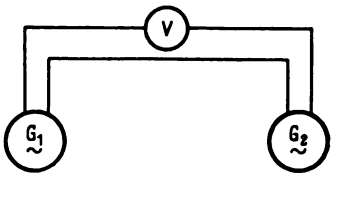


Abb. 1. Entstehung einer Schwebung aus zwei Schwingungen verschiedener Frequenz f_s und f und gleicher Amplitude A.

und Lagern als Richtungsumformer der Dreh- in eine Längsbewegung. Bei dieser Umformung treten stets an der Stelle des Kraftschlusses mit der Fahrbahn auch Verluste auf, die durch das Gleiten, d. h. den Schlupf auf der Fahrbahn bedingt sind. Diese Verluste spielen heute, in der Zeit des Schnellverkehrs auf Schiene und Straße, besonders aber auf dem künftigen Autobahnnetz, eine bedeutende wirtschaftliche Rolle; denn sie wirken sich in einem Energieverlust aus, der proportional dem Schlupf ist, im Verschleiß der Räder oder der Gummibereifung und im Verschleiß der Fahrbahn.

Nach ihren Aufgabenkreisen können wir die folgende Unterteilung der Schlupfmeßverfahren vornehmen:

1. Messung des Schlupfes an drehenden Systemen,
   a) an elektrischen, insbesondere an Asynchronmaschinen,
   b) an mechanischen Systemen.
2. Messung des Schlupfes an sich längsbewegenden Systemen.
3. Messung des Schlupfes an beliebig bewegten Systemen.



G_1, G_2 Wechselstrom-Hilfsgeneratoren
V Meßgerät für die Schwebungen als Maß der Schlupfgröße

Abb. 2. Schaltung der beiden Wechselstrommaschinen für Verfahren I.

Der allgemeine Fall der Messung des Schlupfes an beliebig bewegten Systemen hat keine besondere technische Bedeutung.

Zu der Messung an elektrischen Systemen gehört die größte Anzahl von Schlupfmeßverfahren, wie sie an Asynchronmaschinen oder bei der Parallelschaltung von Synchronmaschinen angewendet werden. Von diesen Verfahren hat das stroboskopische[1]) bisher die größte Anwendung gefunden. Sein großer Vorteil ist der, daß die zu untersuchende Maschine durch die Meßeinrichtung kaum belastet wird (nur Luftreibung der stroboskopischen Scheibe). Sein Nachteil ist die Notwendigkeit scharfer Beobachtung, die bei etwa 180 Zählungen je Min. ihre Grenze haben dürfte.

Weiter sind zu erwähnen das Kontaktverfahren mit der Joubertschen Scheibe[2]), die Verfahren des schwingenden Glühfadens im magnetischen Feld[3]), das Schwingungsverfahren mit dem Vibrationsgalvanometer[4]) und mit dem Zungenfrequenzmesser[5]), die Verfahren mit dem Telephon[6]), mit dem Kathodenstrahlrohr und der Leucht-

[1]) Benischke, ETZ 25 (1904) S. 392. Thomälen, ETZ 28 (1907) S. 190. Schultze, ETZ 28 (1907) S. 557. Johnstone, ETZ 29 (1908) S. 1154. Kapp, ETZ 30 (1909) S. 418. Brückmann ETZ 30 (1909) S. 621; ETZ 32 (1911) S. 219. Schillo, ETZ 33 (1912) S. 159. Obermoser, ETZ 45 (1924) S. 428. Kohrs, ETZ 46 (1925) S. 1954. Linckh u. Vieweg, Arch. Elektrotechn. (1926) S. 509; ETZ 48 (1927) S. 212. Mau, ETZ 53 (1932) S. 892. Kosack, ETZ 53 (1932) S. 988. Strobl, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 774.

[2]) Schüler, ETZ 18 (1897) S. 677. Selbt, ETZ 22 (1901) S. 194. Bianchi, ETZ 24 (1903) S. 1046; ETZ 25 (1904) S. 118. Horschitz, Kraftbetr. u. Bahn. 7 (1909) S. 461; ETZ 30 (1909) S. 825; ETZ 31 (1910) S. 276.

[3]) Bellini, ETZ 25 (1904) S. 730. Kenelli, ETZ 30 (1909) S. 311. Bellini, ETZ 30 (1909) S. 532. Angermann, ETZ 33 (1912) S. 60. Bellini, ETZ 33 (1912) S. 280.

[4]) Schering u. Vieweg, Z. Instrumentenkde. 40 (1920) S. 139.

[5]) Hähnle, ETZ 33 (1912) S. 172. Hilpert, ETZ 38 (1917) S. 587.

[6]) Rosenberg, ETZ 22 (1901) S. 246.

Digitized by Google

röhre[7]), die Verfahren zur Parallelschaltung[8]), Verfahren durch Drehzahlmessung[9]) u. a. Fast alle diese Verfahren benötigen zur Darstellung der Bezugsdrehzahl entweder das Netz unmittelbar oder einen von diesem gespeisten Synchronmotor.

Für die Messung an mechanischen Systemen, soweit sie umlaufen, kommen stroboskopische Verfahren[10]), Verfahren durch Drehzahlmessung[11]), Verfahren mit der Drehzahldynamo[12]) und Verfahren mit dem Differentialgetriebe vorwiegend in Frage.

Bei näherer Betrachtung der hier angeführten Verfahren zeigt sich, daß die für die Schlupfmessung an elektrischen Maschinen entwickelten Verfahren mit wenigen Ausnahmen für die Messung an rein mechanischen Systemen nicht geeignet sind; umgekehrt sind aber die für die Messung an mechanischen Systemen angewendeten Verfahren ohne weiteres für die Messung an elektrischen brauchbar, solange es sich nicht um Parallelschaltung handelt. Diese letztgenannten Verfahren dürfen deshalb Anspruch auf allgemeine Anwendungsfähigkeit machen. Leider ist ihre Zahl sehr klein, oft sind sie auch zu umständlich und zu ungenau oder für eine Fernmeldung nicht immer geeignet.

Neue Meßverfahren.

1. Von beiden drehenden Systemen wird durch geeignete Vorrichtungen je ein Wechselstrom oder ein pulsierender Gleichstrom erzeugt, dessen Frequenz proportional oder gleich ist der sekundlichen Drehzahl des ihn erzeugenden Drehsystems. Durch Überlagerung der beiden Wechselströme bzw. pulsierenden Gleichströme von etwa gleichgroßer Amplitude werden Schwebungen erzeugt, deren Zahl dann proportional bzw. gleich der Schlupfdrehzahl ist (Abb. 1). Mißt man, wie es in der Technik üblich ist, die Drehzahl des Bezugssystems n_0 in U/min und die Drehzahl des schlüpfenden Systems n in U/min, dann gilt für die Schlupfdrehzahl:

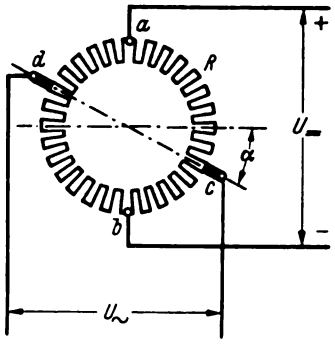


Abb. 3. Erzeugung von periodischem Wechselstrom aus Gleichstrom.

$$n_s = n_0 - n \text{ in U/min}$$

und bei zweipoliger Anordnung für die Schwebungsfrequenz

$$f_s = \frac{n_s}{60} = \frac{n_0 - n}{60} = f_0 - f \text{ in Hz.}$$

Es ist dabei gleichgültig, ob $n_0 > n$ oder $n_0 < n$ ist. Der erste Fall ist der gewöhnliche; er soll einen positiven Schlupf darstellen.

2. Der Wechselstrom oder pulsierende Gleichstrom wird durch geeignete Steuerung einer Gleichstromquelle (Akkumulatoren) mittels periodisch veränderbarer Widerstände oder durch kleine Hilfsgeneratoren hergestellt.

Für die konstruktive und schaltungstechnische Lösung dieser Aufgaben wurden folgende Verfahren entwickelt:

Verfahren I mit zwei Wechselstrommaschinen: Mit jedem der beiden Drehsysteme wird eine kleine, am besten zweipolige Wechselstrommaschine gekuppelt. Bei ungleicher Drehzahl der beiden Maschinen und Schaltung nach Abb. 2 treten Schwebungen im Takte der Schlupffrequenz auf, die durch ein geeignetes Gerät V angezeigt oder gezählt werden können.

[7]) Schweitzer, ETZ 22 (1901) S. 947. Simek, ETZ 22 (1901) S. 1019.
[8]) Teichmüller, ETZ 30 (1909) S. 1039. Leibius, ETZ 30 (1909) S. 1134.
[9]) Seemann, ETZ 20 (1899) S. 764. Ziehl, ETZ 22 (1901) S. 1026.
[10]) Benischke, ETZ 20 (1899) S. 142.
[11]) Seemann, ETZ 18 (1899) S. 764. Ziehl, ETZ 22 (1901) S. 1026.
[12]) Vieweg u. Linckh, ETZ 46 (1925) S. 1107.

Verfahren II mit periodischer Spannungsteilung: Einem ringförmig angeordneten ohmschen Widerstand R wird von einer Gleichstromquelle mit der Spannung U an zwei entgegengesetzten Punkten a und b ein Strom zugeführt (Abb. 3). Nach Art des Spannungsteilers greifen zwei sich gegenüberliegende und um die Achse des Ringes drehbare Bürsten c und d bei ihrer Drehung jeden Wert zwischen $+U$ und $-U$ am Ringwiderstand ab. Bei gleichmäßiger Verteilung der Widerstandswerte über den Kreisumfang ergibt sich ein geradlinig ansteigender und abfallender Spannungsverlauf zwischen den Bürsten c und d in Abhängigkeit vom Drehwinkel α (Abb. 4). Die Anordnung des Widerstandes zwischen den Punkten a und b wird aber besser in Abschnitten so vorgenommen, daß die einzelnen Widerstandswerte über den Umfang einen angenäherten sinusförmigen Verlauf haben, siehe die gestrichelte Kurve in Abb. 4. Je nach der Feinheit der Unterteilung erhält man zwischen den Bürsten c und d einen mehr oder weniger treppenförmig ausgeprägten Verlauf der Spannungskurve. Die Verbindungsenden der Teilwiderstände werden zweckmäßig an die Stege eines Stromabnehmers gelegt (grundsätzlich ist aber der Stromabnehmer nicht nötig). Ob der Ringwiderstand oder die Bürsten gedreht werden, ist gleichgültig. Bei dem Versuchsmodell wurden die Bürsten fest, der Ringwiderstand beweglich angeordnet. Der weitere mechanische Aufbau, wie er zum Versuch diente, ist aus Abb. 5 zu ersehen. Zwischen den Flanschen eines gedrehten Isolierkörpers liegt der Ringwiderstand R, dessen einzelne Abschnitte an den Stromabnehmer K angeschlossen sind. Der Ringwiderstand wird über die zwei Bürsten a und b und zwei auf die Flanschen aufgebrachte Schleifringe S_1 und S_2 gespeist. An zwei auf dem Stromabnehmer schleifenden Bürsten c und d wird der Wechselstrom abgenommen. Der Isolierkörper sitzt auf einer Achse, die

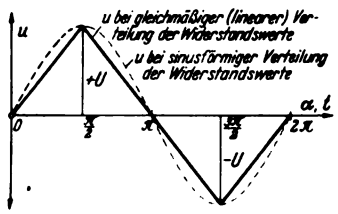
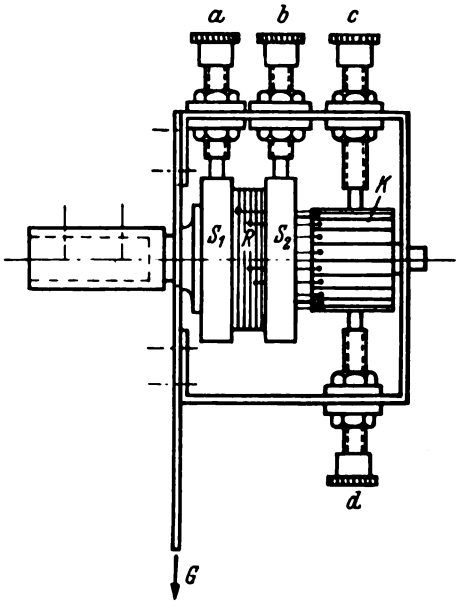


Abb. 4. Spannungsverlauf an den Bürsten der Anordnung nach Abb. 3 während einer Umdrehung.

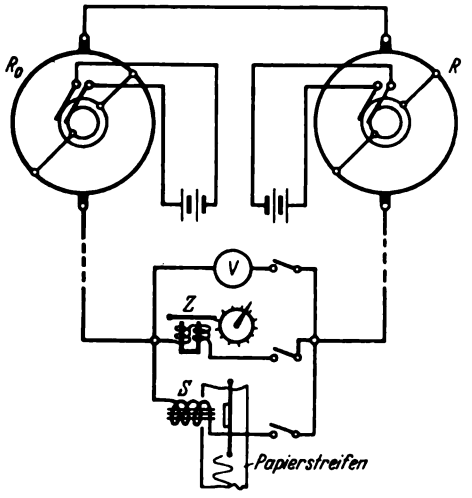


a, b Bürsten
c, d Bürsten zur Abnahme der Wechselspannung
G angehängtes Gewicht
K Stromabnehmer, an den die einzelnen Widerstandsstufen angeschlossen sind
R Ringwiderstand
S_1, S_2 Schleifringe zur Zuführung des Gleichstromes

Abb. 5. Periodisch steuernder Spannungsteller als Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer.

Digitized by Google

an ihrem einen Ende eine Buchse trägt, um die Vorrichtung auf der zu untersuchenden Maschine befestigen zu können[13]). Die Achse ist beiderseits in einem Rahmen drehbar gelagert, der die 4 Bürsten hält und durch ein angehängtes Gewicht G gegen Drehung gesichert ist. Eine gleiche Anordnung wird auf der Welle der anderen Maschine angebracht und nach Abb. 6 geschaltet. Die Meßgröße kann, wie in Abb. 6 angedeutet, durch Beobachtung eines Spannungsmessers V bestimmt oder mit Hilfe eines einfach ausgebildeten Schreibgerätes S aufgezeichnet oder durch ein elektrisches Zählwerk Z selbsttätig gezählt werden. Wenn man größere Schlupfzahlen zu messen hat oder wenn die Schlupfzahlen eines Dauerversuches gezählt werden sollen, z. B. bei Riemenuntersuchungen, dann wird die Anwendung eines solchen Zählwerkes von Vorteil sein. Bei dem Zählwerk wird ein Anker nach Erreichen eines gewissen Wertes der Schwebungsamplitude angezogen und solange festgehalten, bis die Schwebung wieder etwas abgeklungen ist. Bei eigenen Versuchen mit einem solchen Zählwerk in einer ziemlich rohen Ausführung bei $n_0 = 1500$ U/min und $n = 1000$ U/min konnten Schwebungen bis

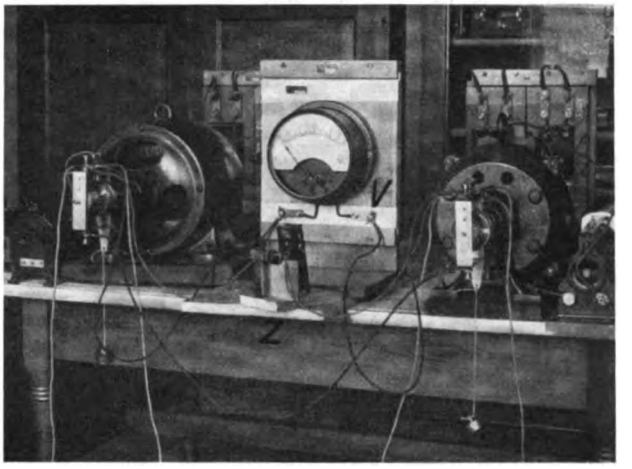


R_0, R periodisch steuernde Spannungsteiler, deren Wechselspannungen überlagert werden
S Schreibgerät zur Aufzeichnung der Schwebungen
V Meßgerät zur Anzeige der Schwebungszahl als Maß der Schlupfgröße
Z Wechselstromzählwerk zur selbsttätigen Zählung der Schwebungen

Abb. 6. Schaltbild für die Versuchsanordnung nach Verfahren II.

500 min^{-1} gemessen, d. h., es konnte ein Schlupf von 33$^1/_3$ % bestimmt werden. Bei Anwendung eines besseren, weniger trägen Zählwerkes[14]) ließe sich wahrscheinlich eine doppelt so große Schlupfzahl noch messen. Die Gesamtanordnung zur Durchführung der Versuche ist in Abb. 7 wiedergegeben.

Verfahren III mit pulsierendem Gleichstrom. Die Anordnung ist in Abb. 8a dargestellt. Der zwischen den Bürsten a und b liegende Ringwiderstand R_0 ist in einzelne Abschnitte aufgeteilt, die an die Stege eines Stromabnehmers angeschlossen sind. Die Widerstandsgrößen der einander folgenden Abschnitte steigen auf der ersten Hälfte des Umfanges an und fallen auf der zweiten wieder ab. In der Abbildung ist das symbolisch durch verschiedene Dicke des Ringes zum Ausdruck gebracht. Bei der Drehung des Stromabnehmers mit dem drehenden System liegt stets eine andere Widerstandsgröße zwischen den um eine Stegteilung entfernt angeordneten Bürsten, so daß in dem von einer konstanten Gleichstromquelle gespeisten Kreis ein pulsierender Gleichstrom entsteht. Es kann rechnerisch eine solche Abstufung des Ringwiderstandes gefunden werden, daß die Pulsationen sinusförmig verlaufen. Der pulsierende Gleichstrom hat an dem im Kreise liegenden Widerstand $c\,d$ eine mit der Frequenz f_0



V Dreheisen-Spannungsmesser (Schwebungszahl)
Z Wechselstrom-Zählwerk zur Zählung von Schwebungen bzw. der Schlupfumdrehungen

Abb. 7. Versuchsanordnung zur Schlupfmessung nach Verfahren II. Zwei regelbare Gleichstrommotoren mit [fest aufgebrachten] periodischen Spannungsstellern zur Wechselstromerzeugung.

pulsierende Spannung u_0 zur Folge. Auf die gleiche Weise entsteht, vom zweiten drehenden System herrührend, an dem Widerstand R eine mit der Frequenz f pulsierende

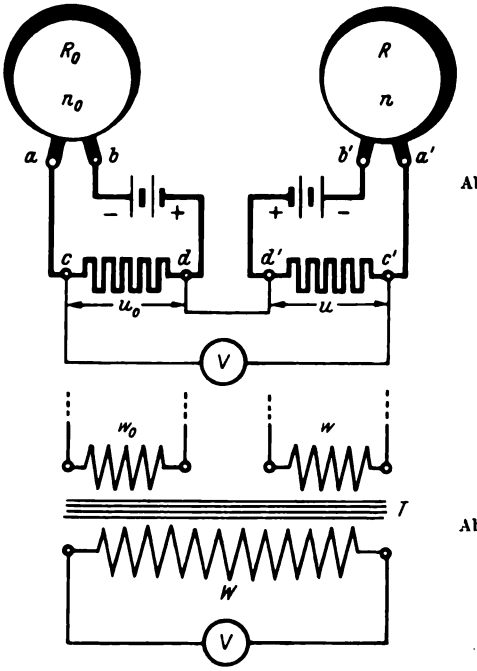


Abb. 8a

Abb. 8b

R_0, R periodisch steuernde Widerstände zur Erzeugung von pulsierenden Gleichströmen
u_0, u an den ohmschen Widerständen c—d und d'—c' oder an den Transformatorwicklungen w_0 und w auftretende pulsierende Gleichspannungen
V Meßgerät zur Anzeige oder Zählung der Schwebungen, die nach 8a durch galvanische, nach 8b durch induktive Überlagerung erzeugt werden

Abb. 8. Schaltbild für die Versuchsanordnung nach Verfahren III.

Spannung u. Diese beiden Spannungen überlagern sich in dem zwischen den Punkten c, d und d', c' angeschlossenen Anzeigegerät V und ergeben in diesem Schwebungen, die bei richtiger Polung der beiden Gleich-

[13]) Statt den Ringwiderstand fest mit der [Versuchsmaschine zu kuppeln, kann seine Achse auch mit einer Körnerspitze versehen und nach Art eines Tachometers an die Welle der Versuchsmaschine angedrückt werden.

[14]) Schnellzählrelais, bis 1200 Zählungen/min. AEG-Mitt. (1932) S. 62; ETZ 54 (1933) S. 405.

Digitized by Google

stromquellen um die Nullachse erfolgen (Abb. 9). Die Schwebungsfrequenz ist auch hier gleich der Schlupffrequenz und kann mit den bei Verfahren II angeführten Geräten angezeigt werden. An Stelle der beiden Widerstände cd und $d'c'$ können auch zwei getrennte Wicklungen w_0 und w eines Transformators T (Abb. 8 b) angelegt werden, die dann in einer dritten auf demselben

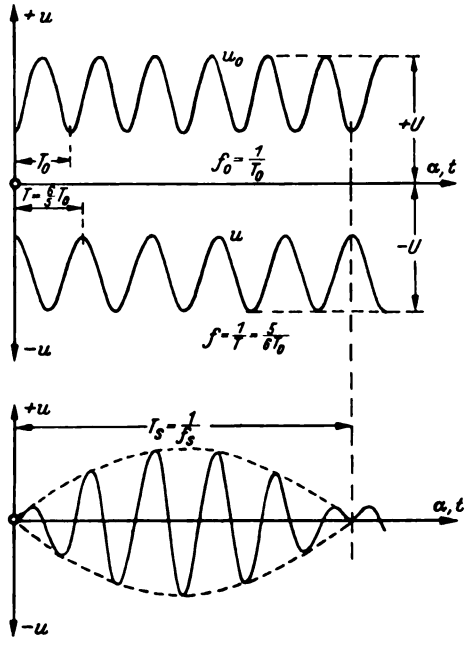


Abb. 9. Schwebung um die Nullachse aus zwei pulsierenden Gleichspannungen verschiedener Frequenz.

Kern liegenden Wicklung W Spannungsschwebungen erzeugen. Gegenüber dem Verfahren II hat das eben beschriebene den Vorteil, daß die Schleifringe wegfallen.

Die hier angegebenen Verfahren ermöglichen, besonders mit dem Zählwerk oder einem Schreibgerät, eine einwandfreie und bequeme, nicht auf einen Beobachter angewiesene, also objektive Verfolgung des Schlupfverlaufes innerhalb gewisser Arbeitsspiele, wenn der Schlupf stets positiv oder stets negativ ist. Wechselt er sein Vorzeichen, so ist dies aus den Zählungen oder Aufzeichnungen nicht zu erkennen. In den meisten Fällen ist aber die Schlupfrichtung, wie z. B. bei Antrieben durch Riemen, Seile usw., von vornherein eindeutig. Die angegebenen Verfahren sind, da es sich im Grunde um Frequenzmessungen handelt, spannungsunabhängig, und die Schlupfzahlangabe ist durchaus genau. Muß die Schlupfzahl auf die Zeit oder die Drehzahl (prozentualer Schlupf) bezogen werden, dann hängt die Genauigkeit nur von der Zeit- oder Drehzahlmessung ab. Außerdem ist es mit den hier beschriebenen Verfahren möglich, auch die augenblickliche Schlupfgröße dauernd anzuzeigen, wenn die bei den geschilderten Verfahren wirkenden Schwebungsimpulse zur Betätigung eines der bekannten Impulsmeßgeräte verwendet werden. Die Meßgröße kann ohne Schwierigkeit fernangezeigt werden, und zwar wegen ihrer Frequenzeigenschaft unbedingt genau, wenn es sich nur um eine Zählung handelt. Hierbei können die bei Verfahren II angeführten Geräte als Empfänger dienen; für die Fernanzeige des Augenblickswertes aber ist das eben erwähnte Impulsmeßgerät geeignet.

Zusammenfassung.

Zur Schlupfmessung wurden neue Verfahren angegeben, die auf der Schwebungserscheinung zweier sich überlagernder Wechselströme oder pulsierender Gleichströme beruhen, wobei diese Ströme an den beiden gegeneinander schlüpfenden Systemen durch Steuerung einer Gleichstromquelle mittels periodisch veränderbarer Widerstände oder durch kleine Hilfsgeneratoren erzeugt werden. Die Frequenz jedes der beiden Wechselströme oder pulsierenden Gleichströme ist dabei ein Maß der Bewegungsgröße, d. h. der Drehzahl oder der Geschwindigkeit der erzeugenden Systeme. Bei der Überlagerung beider Ströme entstehen Schwebungen, und die Frequenz dieser Schwebungen ist ein Maß für die Schlupfgröße.

Zur praktischen Auswertung dieser Verfahren wurden Vorrichtungen und Schaltungen entwickelt und angegeben, die es ermöglichen, die Schlupfgröße objektiv darzustellen, aufzuschreiben und fernanzuzeigen. Bei Versuchen nach diesen Verfahren konnten Schlupfdrehzahlen bis 500 min^{-1}, die einen Schlupf von $33^1/_3$ % darstellten, noch gemessen werden.

Beitrag zur Anwendung der Funkmutung nach dem Absorptionsverfahren.

Von **Volker Fritsch** VDE, Brünn.

621. 396 : 622. 1

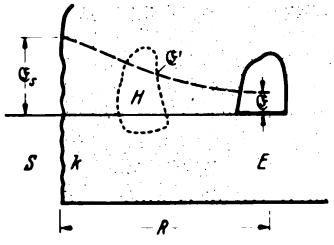
Übersicht. Ein Verfahren der Funkmutung wird kurz beschrieben, das aus der Frequenzabhängigkeit des Extinktionskoeffizienten Schlüsse auf die Beschaffenheit und Zusammensetzung des untersuchten Gebirgsraumes gestattet und gegenüber dem üblichen Absorptionsverfahren gewisse Vorteile aufweist.

In einem früheren Aufsatz[1]) habe ich die Grundlagen der Funkmutung nach dem Absorptionsverfahren kurz geschildert. Das Verhältnis der Feldstärken vor und nach der Durchdringung des zu untersuchenden geologischen Mittels ist

$$\mathfrak{E}/\mathfrak{E}_s \approx \frac{1}{R^a}\, e^{bkR}.$$

In dieser Gleichung (s. Abb. 1) bedeuten a und b Zahlen, die von geometrischen und physikalischen Faktoren abhängig sind. Am wichtigsten für uns aber ist der Faktor k, der die sog. Extinktion angibt.

Das Feldstärkenverhältnis ist somit auch von geometrischen und physikalischen Voraussetzungen abhängig, die bei Durchführung der Felddiagnose voneinander getrennt werden können. Wir erhalten dann durch Messung von $\mathfrak{E}$ den Faktor k und können aus diesem zunächst auf die physikalischen, von diesen dann aber auf die geologischen Eigenschaften des untersuchten Raumes



E Empfänger
S Sender
R Quellweg

Abb. 1. Verlauf der Feldstärke $\mathfrak{E}'$ im homogenen Gebirge.

schließen. Dieses ältere Verfahren hat aber den grundsätzlich wichtigen Nachteil, daß neben dem Extinktionskoeffizienten k auch die Quellentfernung R im allgemeinen unbekannt ist. An deren Stelle wird in der Regel der geometrische Abstand zwischen S und E angenommen. Dies

[1]) V. Fritsch, ETZ 57 (1936) H. 30, S. 857.

Digitized by Google

wäre aber nur dann zulässig, wenn die Ausbreitung des Feldes immer längs des kürzesten Weges erfolgte. Da dies aber nicht immer der Fall ist, so haben wir es eigentlich mit zwei Unbekannten zu tun, und daher kann eine einzige Gleichung nicht genügen.

Nun ist aber k eine Funktion geologischer Faktoren und der Frequenz. Wenn wir mehrere Messungen über die gleiche Standlinie bei verschiedener Frequenz ν unternehmen, so können wir k als Funktion der Frequenz ansehen, da der durch die anderen Faktoren bedingte Parameter nicht verändert wird. Es wird somit auch

$$\mathfrak{E}/\mathfrak{E}_s = f(\nu).$$

Messen wir nun bei den verschiedenen Frequenzen ν_1 und ν_2 die Feldstärken $\mathfrak{E}_{\nu_1}$ und $\mathfrak{E}_{\nu_2}$, so erhalten wir weiter:

$$\mathfrak{E}_{\nu_1} = \frac{1}{R^a} e^{b'k'R}$$

und

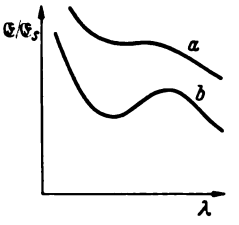
$$\mathfrak{E}_{\nu_2} = \frac{1}{R^a} e^{b'k''R}.$$

Daraus erhalten wir aber, da $b'R$ konstant ist,

$$\frac{\mathfrak{E}_{\nu_1}}{\mathfrak{E}_{\nu_2}} \approx \frac{e^{k'C}}{e^{k''C}} \quad \text{oder} \quad (\ln \mathfrak{E}_{\nu_1} - \ln \mathfrak{E}_{\nu_2}) \approx c\,(k' - k'').$$

In dieser Gleichung kommt R nicht mehr vor. Das auf diese Weise erhaltene Verfahren begnügt sich mit der leicht meßbaren Bestimmung eines Verhältnisses $\frac{\mathfrak{E}_{\nu_1}}{\mathfrak{E}_{\nu_2}}$ und verzichtet auf absolute Werte, die in diesem Falle ohnehin schwer zu erhalten sind. Es kann daher weit verläßlichere Aufschlüsse ermöglichen als die bisherigen Verfahren, bei denen die gemessenen Ergebnisse von den errechneten oft nur innerhalb der Fehlergrenzen abwichen.

Die Anwendung dieses Verfahrens setzt voraus, daß die Abhängigkeit der Extinktion von der Frequenz deutlich zu beobachten ist und auch theoretisch oder durch Vergleichsmessungen ermittelt werden kann. Beobachtungen dieser Art sind nun tatsächlich angestellt worden. Ältere Versuche dieser Art haben z. B. Petrowsky und der Verfasser (bei der Macocha) unternommen. In jüngster Zeit wurde vom Verfasser eine längere Versuchsreihe abgeschlossen[2]). Durch alle diese Messungen wurde nachgewiesen, daß die vorausgesetzte Abhängigkeit der Extinktion von der Frequenz deutlich auftritt. Eine theoretische Behandlung ist unter Beachtung der Theorien von Debye und Falkenhagen ohne weiteres möglich. Im allgemeinen wird man allerdings der Auswertung solcher Untersuchungen nicht errechnete Daten zugrunde legen, sondern solche, die man aus Vergleichsmessungen unter bekannten Voraussetzungen erhalten hat. Die Lage der betreffenden Extinktionsmaxima ist nach den angeführten Theorien durch den geologisch-hydrologischen Aufbau des zu untersuchenden Raumes weitgehend bedingt. Ein Beispiel zeigt Abb. 2. Wieder werden in erster Linie die durch die Einwirkung der Kluft- und Porenwässer bedingten Lösungen das Ergebnis beeinflussen. Sind in dem zu untersuchenden Raume indessen größere Hohlräume eingeschlossen, so werden diese durch eine Verflachung der erwähnten Kurve ihren Ausdruck finden. Es ist klar, daß auch bei diesem Verfahren immer ein Integralwert über den ganzen in Frage kommenden Raum bestimmt wird. Bergmännisch wichtige Einschlüsse müßten aber in den weitaus meisten Fällen eine deutliche Verformung der Kurve bedingen.



a mit Hohlraum
b ohne Hohlraum

Abb. 2. Ergebnis einer Feldstärkenverhältnis-Messung.

[2]) V. Fritsch, Hochfrequenztechn. 47 (1936) S. 190.

Bemerkenswertes aus dem Industrie-Schaltanlagenbau mit Druckgasschaltern.

Von **E. Westerhoff** VDE, Berlin.

621. 316. 26 : 66/69

Übersicht. Über die neuen Möglichkeiten der Anwendung, die durch die Schaffung von öllosen Hochspannungs-Leistungsschaltern gegeben werden, wird berichtet. Es wird darauf hingewiesen, daß die mit öllosen Hochspannungs-Leistungschaltern zu bauenden Schaltanlagen auf Grund der aus dem Ölschalter-Schaltanlagenbau gesammelten Erfahrungen Lichtbogenschutz zwischen Sammelschienen und Sammelschienen-Trennschaltern erhalten sollten, und daß ferner für Zwischenwände ein Werkstoff großer Wärmebeständigkeit und Isolierfähigkeit bevorzugt anzuwenden ist. Ferner werden Richtlinien für den Aufbau von Schaltanlagen mit Druckgasschaltern gegeben, die sich in den verschiedensten Bauausführungen verwirklichen lassen.

Die Einführung öloser Hochleistungsschalter liegt bereits einige Jahre zurück. Die seitdem gemachten Erfahrungen lassen erkennen, daß mit der Schaffung öloser Schalter dem Schaltanlagenbau neue Wege gewiesen wurden, die die Möglichkeit gaben, diese für die Energieerzeugung und Stromverteilung besonders wichtigen Anlagenteile so zu gestalten, daß sie im Aufbau eine starke Anlehnung an die für Niederspannungs-Schaltanlagen maßgebenden Ausführungsformen finden konnten. War bisher bei Ölschaltern zwecks Erreichung größtmöglicher Sicherheit zur Eingrenzung von Ölschalterzerstörungen in verstärktem Maße die Planung der Gebäudeteile mitbestimmend, so spielt dieser Gesichtspunkt beim öllosen Schalter heute eine weniger wichtige Rolle. Ja, es ist in vielen Fällen erst durch den öllosen Schalter möglich geworden, durch Bereitstellung vorhandener oder wenig ausgenutzter Räume veraltete, den heutigen Forderungen nicht mehr gewachsene Hochspannungs-Schaltanlagen vollkommen zu erneuern. In Fällen, wo diese besonders günstigen Vorbedingungen nicht gegeben waren, ließen sich größere Einsparungen an baulichen Kosten neu zu errichtender Gebäude erzielen, die dann dem zweckmäßigeren und betriebssicheren Ausbau der Schaltanlagen selbst zugute kommen konnten. Es ist erfreulich, festzustellen, daß der öllose Hochspannungsschalter, nachdem sich in Verbraucherkreisen ein günstiges Urteil über ihn gebildet hatte, in vielen Fällen selbst dort verwendet wurde, wo der bestens durchgebildete Ölschalter die Anforderungen gut erfüllt haben würde. Die Elektroindustrie kann daher mit Stolz auf das Geschaffene zurückschauen und feststellen, daß ihr der deutsche Verbraucherkreis und darüber hinaus auch das Ausland die volle Anerkennung zugesprochen haben. Dies wird besonders dadurch bestätigt, daß sich der Umsatz an öllosen Schaltern im Inland und im Ausland beachtenswert gesteigert hat.

Nachstehend werden einige Gesichtspunkte über die Gestaltung von Hochspannungs-Schaltanlagen mit öl- und flüssigkeitslosen Druckgasschaltern und die zu beachtenden Grundgedanken für die Industrie gegeben, die, je nach

Digitized by Google

Art der gestellten Forderungen, in jeder Weise die Durchführung eines planmäßigen Aufbaues gestatten. Zunächst sei vorausgeschickt, daß auch bei Anwendung ölloser Schaltgeräte die für den Bau von Hochspannungs-Schalt-

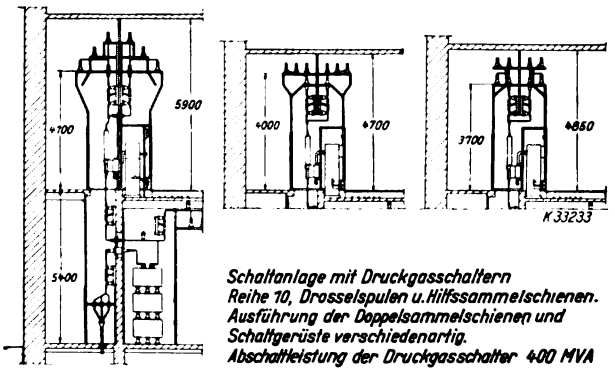


Abb. 1.

anlagen bisher vertretenen Anschauungen noch immer Gültigkeit haben und zur Anwendung empfohlen werden, nämlich:

1. Lichtbogengeschützte Abtrennung zwischen Sammelschienen und Sammelschienen-Trennschaltern.
2. Kürzeste, möglichst schleifenfreie, geradlinige Leitungsführung.
3. Einwandfreie Kenntlichmachung des Schaltzustandes der einzelnen Schaltgeräte.
4. Übersichtliche und leicht zugängliche Anordnung der Schalt- und Meßgeräte.
5. Schutzeinrichtungen gegen Berührung unter Spannung stehender Geräte sowie leichte Nachschau und Überprüfung von Relais und Meßgeräten während des Betriebes.

Zu 1: Versuche nach dieser Richtung haben bestätigt gefunden, daß ein Lichtbogen, sei er durch versehentliches Schalten eines Trennschalters unter Last oder durch äußere Einflüsse entstanden, bereits bei 300 A und 6000 V nicht von selbst erlöscht. Mit dem Erlöschen ist erst dann zu rechnen, wenn die Energiezufuhr selbsttätig oder durch anderen Anlaß unterbrochen wird. Daraus folgt, daß bei

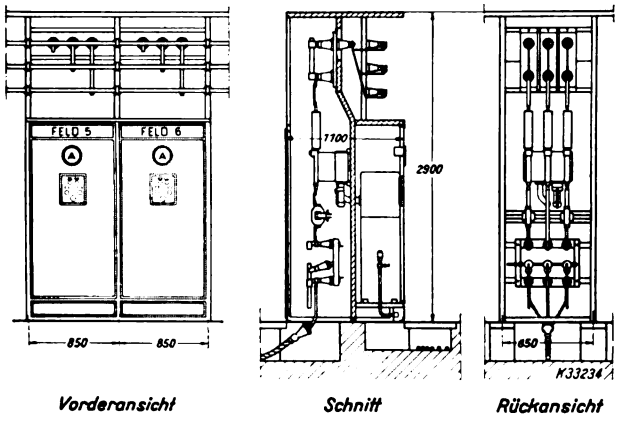


Abb. 2. Aufbau einer Druckgasschalter-Anlage.

Vorhandensein noch größerer Energien und bei Fehlen von lichtbogengeschützten Abtrennungen wertvolle Teile einer Anlage in Mitleidenschaft gezogen werden können, wie beispielsweise Sammelschienen, Stützer und sonstige Geräte, die an und für sich mit dem Störungsherd nicht das mindeste zu tun haben.

Wichtig für die Beurteilung lichtbogengeschützter Anlagen ist auch die Werkstofffrage für Zwischen- und Abtrennwände. Die eben erwähnten Versuche konnten auch hier die Bestätigung erbringen, daß z. B. Duro- oder duroähnliche Wände nicht nur hinsichtlich ihrer guten Isoliereigenschaft und Festigkeit, sondern insbesondere auch wegen ihrer großen Wärmebeständigkeit ein ausgezeichneter Werkstoff sind. Aus den Versuchen konnte weiter gefolgert werden, daß lichtbogengeschützte Anlagen, wenn sie im Lichtbogenbereich reichliche Abmessungen besitzen, nach menschlichem Ermessen keine Überschläge durch Metalldämpfe in benachbarten Anlageteilen nach sich ziehen werden, da die sehr starke Kühlwirkung eine vollkommene Entionisierung der Lichtbogendämpfe herbeiführt. Aus dem Vorhergesagten seien nochmals folgende Schlüsse gezogen:

a) Lichtbogengeschützte Abtrennung zwischen Trennschaltern und Sammelschienen und an solchen, ähnlichen Betriebsbedingungen unterworfenen Schaltanlageteilen sollte ohne Rücksicht auf die dadurch entstehende geringfügige Verteuerung der Anlage stets vorgesehen werden.

b) Wenn auch örtliche Verhältnisse oft dazu zwingen, so sollte man die Tiefe der Hochspannungszellen nicht unnötig klein machen und insbesondere die im Lichtbogenbereich liegenden Anlageteile reichlich bemessen.

Zu 2: Eine gerade Leitungsführung läßt sich zwar nicht immer durchführen. Sie ist aber aus Gründen der Stoffersparnis anzustreben und trägt damit auch viel zur Beruhigung des Gesamteindruckes und zur Übersichtlichkeit einer Anlage bei. Dies kann man durch zweckentsprechende Anordnung der öllosen Geräte, wie Strom- und Spannungswandler, zum öl- und flüssigkeitslosen Druckgasschalter in den meisten Fällen verwirklichen[1]).

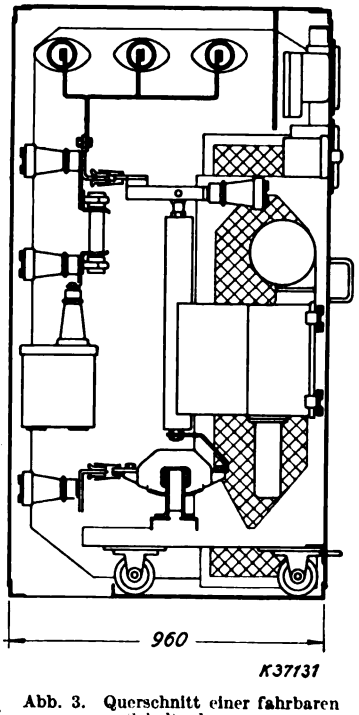


Abb. 3. Querschnitt einer fahrbaren Schaltanlage.

Zu 3, 4 und 5: Im Gegensatz zum Ölschalter mit der aus Sicherheitsgründen meistens vorgesehenen allseitig abgeschlossenen Einbauart erfüllt der Druckgasschalter infolge seines offenen Einbaues, seines gleich erkennbaren Schaltzustandes die im Punkt 3 erhobene Forderung in erhöhtem Maße. War man früher bestrebt, bei Ölschalteranlagen wenigstens den Schaltzustand der Sammelschienen-, Freileitungs- oder Kabeltrennschalter durch zweckentsprechende Lage leicht kenntlich zu machen, so ist dieser Gedanke im Schaltanlagenbau mit Druckgasschaltern nunmehr restlos auf alle anderen Geräte ausgedehnt. Da neben diesen Maßnahmen die selbstverständliche Forderung der Anwendung nur ölloser Strom- und Spannungswandler Erfüllung findet, so wird die Druckgasschalter-Anlage damit vollkommen öl- und flüssigkeitslos. Betrachtet man in den Abb. 1 und 2 den fast zur Norm gewordenen systematischen Aufbau einer Druckgasschalter-Anlage mit seinen organisch zueinander angeordneten Einzelteilen, mit seinem vom Hochspannungsraum vollkommen getrennt gehaltenen Raum für Anordnung der Steuer- und Meßgeräte sowie der Klemmen für Betätigung und Messung, so kann schon hieraus

[1]) Vgl. a. Walter, ETZ 57 (1936) H. 41, S. 1174.

Digitized by Google

ohne weiteres erkannt werden, daß die in Punkt 4 und 5 erhobenen Forderungen zwangsläufig befolgt werden.

Industrie-Schaltanlagen, meistens mit Mittelleistungsgeräten der Spannungsreihe 10 bis 30 kV ausgerüstet, wurden früher nicht selten als unproduktiv und daher als notwendiges Übel betrachtet. Dem entsprach dann auch

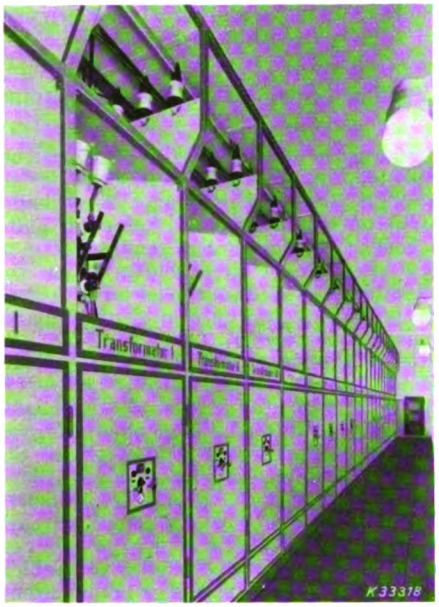


Abb. 4. Bedienungsgang einer doppelreihigen Druckgasschalter-Anlage für 6 und 3 kV Betriebsspannung.

gewöhnlich bei der Planung neuer Anlagen die Forderung, daß nur das notwendigste an Apparaten und Geräten vorzusehen sei. Damit waren dem Projekteur schon von vornherein aus Überängstlichkeit, er könne den Auftrag verlieren, Wege vorgezeichnet, die nicht immer die Zufriedenheit und Anerkennung für Besteller und Ausführenden fanden. Es ist erfreulich, festzustellen, daß gerade solche Anschauungen sich durchweg geändert haben, wodurch der Projekteur wieder mehr Freiheit gewonnen hat zum Besten des Bestellers und des Ausführenden.

In der Industrie lassen sich grundsätzlich drei Arten von Hochspannungsanlagen unterscheiden, die je nach ihrer Wichtigkeit verschieden ausgeführt sein können:

a) Schaltanlagen für Kraftwerke (Eigenerzeugung) und solche, die bei Fremdstrombezug der Energieübergabe und Verteilung dienen,

b) Schaltanlagen, die der Kupplung von Ring- und vermaschten Netzen sowie der Energieverteilung an Unterstationen dienen,

c) Schaltanlagen für Motoren und Hilfsbetriebe, zu denen zwei oder mehrere Kabel die Energie leiten und die gewöhnlich als Ausläuferstationen zu betrachten sind.

Die unter a) in Betracht kommenden Schaltanlagen wird man meistens mit Doppelsammelschienen, mit Sammelschienen-Kupplungsschalter für Quer- oder auch Längskupplung und bei gesteigerter Sicherheit mit einer dritten Hilfsschiene ausführen. Mittels der Hilfsschiene und des Hilfsschienen-Kupplungsschalters läßt sich jederzeit ein Generator-Abzweig- oder Zuführungs-Leistungsschalter prüfen und überholen ohne Störung des Betriebes. Schaltanlagen unter b) kommen meistens mit Doppelsammelschienen aus, da diese, mit Querkupplungsschalter versehen, gewöhnlich genügende Bewegungsfreiheit in der Betriebsführung gestatten. Für Verteilungsschaltanlagen der Gruppe c) genügen in fast allen Fällen Einfachsammelschienen. Will man ein übriges tun, so unterteilt man das Einfachsammelschienen-System durch einen Sammelschienen-Trennschalter oder Längskupplungs-Leistungsschalter und wählt die Lage der Zuführungen und Abzweige so, daß der eine Teil der Sammelschienen für Reinigung und Nachschau auch während des Betriebes abschaltbar ist.

Der in Abb. 1 gezeigte Querschnitt einer Druckgasschalter-Anlage entspricht den Anforderungen unter a). Die mit Doppelsammelschienen und Sammelschienen-Lichtbogenschutz versehene Druckgasschalter-Anlage befindet sich im Obergeschoß des Schaltanlagengebäudes, während das Erdgeschoß die Hilfsschiene und etwa in Betracht kommende Abzweigdrosseln aufnimmt. Beachtenswert ist die gerade Leitungsführung, durchgehend von den Sammelschienen-Trennschaltern bis zur Stromentnahme an den Kabelendverschlüssen. Eine bekannte, schon seit Jahren durchgeführte zusätzliche Maßnahme sieht eine lichtbogengeschützte Trennung mittels Durchführung zwischen den Trennschaltern des Sammelschienen-Systems *1* und *2* vor. Falls der Trennschalter eines Abzweiges des Sammelschienensystems *2* versehentlich unter Last abgeschaltet werden sollte, so wird durch die vorerwähnte Maßnahme der Übertritt des mit der Leistung wandernden Lichtbogens zum eigentlichen Druckgasschalter - Hochspannungsraum verhindert. Eigentümlich ist den Anlagen mit Druckgasschaltern die bereits kurz erwähnte Trennung zwischen Hochspannungs- und Betätigungsteil. Man kann hier gewissermaßen von einer doppelten Sicherheit gegenüber der Bedienung und allen damit zusammenhängenden Betriebskontrollen sprechen. Sie findet ihren Ausdruck in der Unterteilung des Hochspannung führenden Druckgasschalter-Raumes und dem hiervon durch eine kräftige Durowand abgetrennten Raum für Unterbringung der Betätigungsglieder, Relais, Klemmen usw. Gegen die Trennschalter des Sammelschienensystems *2* ist der letzgenannte Raum noch durch eine waagerechte Wand abgetrennt.

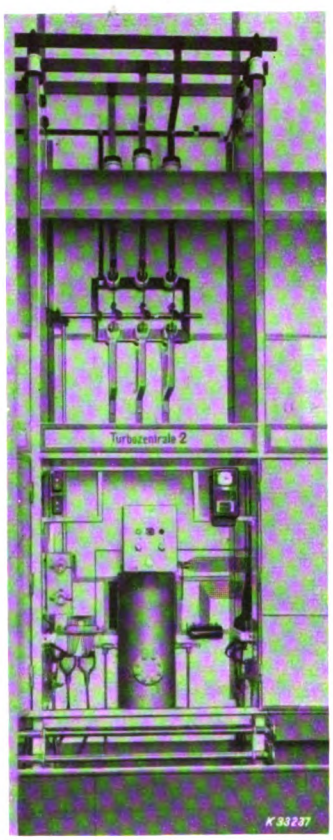


Abb. 5. Vorderansicht eines Hochspannungs-Druckgasschalterfeldes mit Blick in den Niederspannungsraum bei geöffneter Tür.

Für die unter c) genannten Schaltanlagen mit Einfachsammelschienensystem wird in der Industrie erfahrungsgemäß nicht immer der vom Projekteur so gern gesehene reichliche Raum zur Verfügung gestellt. Breite, Höhe und Tiefe vorhandener oder neu angewiesener Räume sollen möglichst niemals über den Rahmen des vom Besteller Gewünschten herausgehen. Es wird daher in den meisten Fällen von vornherein notwendig, sich auf eine gedrängte Bauart zu beschränken. Man wird für solche Anlagen also Lösungen anstreben, die sowohl den Erfordernissen in der Betriebsführung als auch weitgehend den Wünschen des Bestellers gerecht werden. Zwei Aus-

Digitized by Google

führungsmöglichkeiten, nämlich eine feste und fahrbare Anordnung, können zur Wahl anheimgestellt werden.

Abb. 2 zeigt den Querschnitt durch eine feststehende Schaltanlage. Sie ist freistehend und von beiden Seiten zugänglich. Man erkennt die weitgehende Anpassung der gewählten Ausführung an die vorerwähnte Anordnung der Schaltanlage entsprechend Abb. 1. Hochspannungs- und Betätigungsräume sind auch hier wieder getrennte, durch Isolierwände geschützte selbständige Räume. Man kann eine ähnliche Ausführungsart zwar auch für Wandanbau herrichten, doch gehen dabei viele wichtige Vorteile für Bedienung und Nachschau verloren, weshalb hier von einer ausführlichen Darstellung abgesehen werden soll. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die freistehende Ausführungsform, die das erforderliche Schaltanlagengebäude um eine Gangbreite tiefer gestaltet als bei Wandanbau, infolge der hierdurch erreichten Übersichtlichkeit in Bedienung und Nachschau das etwas teuere Gebäude rechtfertigt. Es sei insbesondere auch auf die in der gezeigten Bauart erreichte Sammelschienentrennung mittels Lichtbogenschutzes hingewiesen. Sie läßt sich in einfacher Weise mit geringen Mitteln dadurch erreichen, daß man die Sammelschienen - Trennschalter auf der nach den Sammelschienen liegenden Seite mit Durchführungen versieht. Will man Sammelschienen-Trennschalter und Lichtbogenschutz getrennt durchführen, ist dies einfach durch besondere Durchführungen erreichbar.

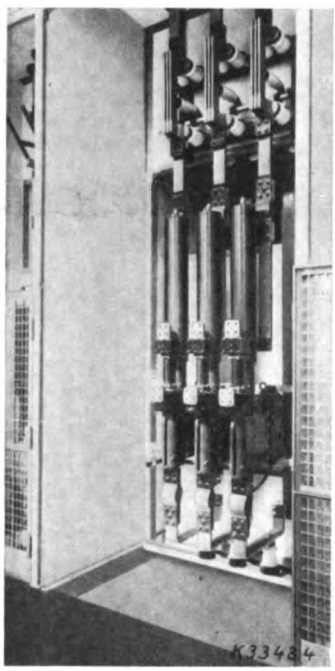


Abb. 6. Rückansicht eines Hochspannungs-Druckgasschalterfeldes, darunter der Drosselspulenraum.

Neuerdings finden in Industrieanlagen fahrbare Schaltanlagen entsprechend dem Ausführungsbeispiel Abb. 3 besondere Beachtung. Sie werden an solchen Stellen bevorzugt angewendet, wo die Höhe und Tiefe der verfügbaren Räume begrenzt ist. Neben bester Zugänglichkeit zu allen Teilen im herausgefahrenen Zustand, der sicheren Kontaktgabe bei eingefahrenem Schaltwagen, der aus dem Ölschalterwagenprinzip übernommenen Verriegelung zur Verhinderung des Ausfahrens bei eingeschaltetem Leistungsschalter sind Maßnahmen getroffen, die bei ausgefahrenem Schaltwagen ein willkürliches Betreten des freien Schaltwagenraumes mit den meist unter Spannung stehenden Gegenkontakten verhindern. Kräftige Drahtgittertüren, die bei hereingefahrenem Wagen benachbarte Hochspannungsfelder abtrennen, folgen dem herausfahrenden Wagen und verschließen selbsttätig den freigewordenen Raum.

Während bisher über Ausführungsmöglichkeiten berichtet wurde, werden in den weiteren Bildern ausgeführte Anlagen gezeigt, die auf den vorerwähnten Richtlinien beruhen.

Die in Abb. 4 gezeigte Anlage entspricht in ihrem wesentlichen Aufbau den Grundsätzen der Abb. 1. Die Anlage ist mit Doppelsammelschienen, Sammelschienen-Lichtbogenschutz und mit Abzweigdrosseln versehen. In Abb. 5 ist bei geöffneter Tür der vordere, vom Hochspannungsraum durch eine Durowand getrennte Betätigungsraum mit darin untergebrachten Betätigungseinrichtungen, Relais-Kontaktvorrichtungen sichtbar. Übersichtlich angeordnet erkennt man auch die unmittelbar auf den Durowänden verlegten Meß- und Betätigungsleitungen sowie die zugehörigen Klemmen. Dank leichter Zugänglichkeit ist die Überwachung leicht.

Abb. 6 zeigt die Rückseite eines mit einem Druckgasschalter von 400 MVA Abschaltleistung, 2000 A Nennstrom versehenen Hochspannungsfeldes. Darunter befinden sich im Erdgeschoß Abzweigdrosselspulen.

(Schluß folgt.)

287 kV-Trennschalter für die Boulder-Damm-Leitung.

621. 316. 545. 027. 7 (73)

Die ungünstigen klimatischen Verhältnisse bei der Leitung vom Boulder-Damm nach Los Angeles verlangten eine besonders sorgfältige Durchbildung aller Anlageteile. Für die Trennschalter ergab sich, daß keine der üblichen Bauarten den hohen Anforderungen genügte. Der auf Grund eingehender Versuche in allen seinen Teilen vollkommen neu durchgebildete Trennschalter ist auf Stützenisolatoren aufgebaut und hat Einfachunterbrechung mit senkrechter Drehung des Schaltarmes[1]).

Die Stützer bestehen aus acht Isolatorgliedern von je 370 mm Höhe und haben an beiden Enden Lichtbogen-Schutzringe von 1,2 m Dmr. Das Traggerüst, auf dem die Stützer aufgebaut sind, ist sehr kräftig ausgeführt und auch zur Aufnahme waagerechter Kräfte, die bei Erdbeben auftreten können, mit siebenfacher Sicherheit berechnet. Die 4 m langen Schaltarme sind in Dreieckform aus drei Rohren zusammengesetzt und dadurch leicht und doch sehr steif. Der Schaltarm ist durch eine Feder so ausgeglichen, daß er in jeder Stellung stehenbleiben kann. Die Schalterkontakte sind aus Silber und greifen nur unter leichtem Druck ineinander. Erst wenn die Kontakte voll in Eingriff gekommen sind und die Schaltbewegung beendet ist, werden sie mit einem Druck von rd. 230 kg aneinandergepreßt. Für die Kontakte wurde statt Kupfer Silber gewählt, um die Widerstandszunahme durch Oxydation klein zu halten. Das sich bildende Kupferoxyd ist

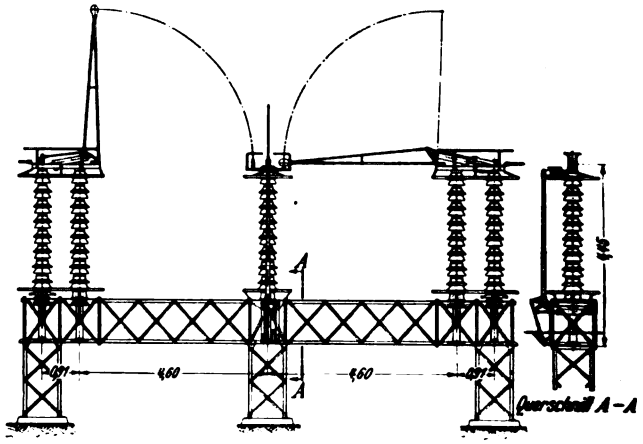


Abb. 1. Doppeltrennschalter (Maße in m).

nämlich nichtleitend, während Silberoxyd leitet. Die Kontakte am Ende des Schaltarmes sind mit einer Aluminiumhülle umgeben zur Vermeidung von Glimmentladungen und als Schutz gegen Eindringen von Staub und Feuchtigkeit. Die Betätigung der Schalter erfolgt durch einen Motor, die Schaltzeit beträgt 7,5 s.

Ein Teil der Schalter ist zur Ersparnis von Raum und Kosten als Doppelschalter auf gemeinsamem Rahmen ausgeführt. Jeder Schalterpol besteht dabei nach Abb. 1 aus fünf Stützern, von denen der mittlere die Gegenkontakte für die rechts und links angeordneten Schaltarme enthält. Am mittleren Stützer ist ein Erdungsschalter eingebaut. Insgesamt wurden für die Boulder-Damm-Schaltanlage zwölf Einzeltrennschalter und zwei Doppeltrennschalter benötigt. *dk.*

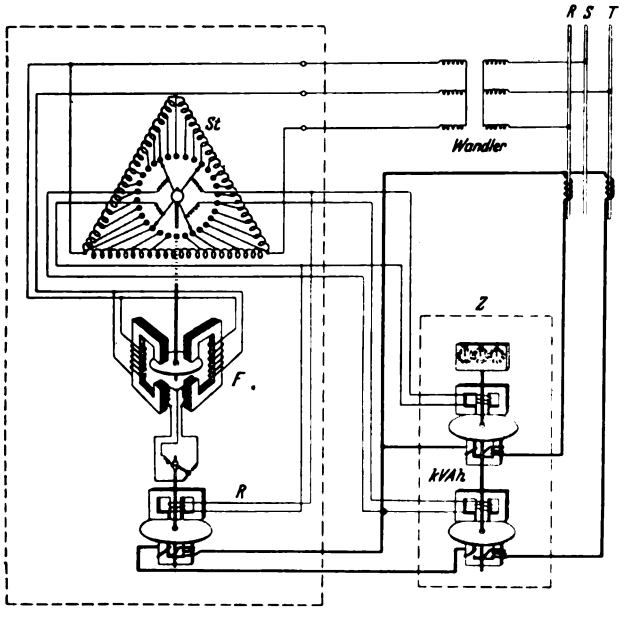
[1]) A. J. Bowie u. C. P. Garman, Electr. Engng. 55 (1936) S. 582.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 317. 789 **Messung großer Energien für Verrechnungszwecke.** Unter dieser Überschrift beschreiben Casson und Gray nach umfangreichen Formeln für die zu verrechnenden Größen die Verfahren zur Messung der einzelnen Größen, Wirk-, Blind- und Scheinverbrauch, sowie Wirk- und Scheinlast-Höchstwert. Von Interesse ist hauptsächlich ein Scheinverbrauchzähler, der zwar auf bekannter Grundlage beruht, aber in der Ausführung neuartig ist. Die Anordnung besteht aus einem normalen Wirkverbrauchzähler *Z* (Abb. 1), dessen Spannungsspulen



F Ferrarismotor *R* Relais *St* Spannungsteiler *Z* Wirkverbrauchzähler

Abb. 1. Scheinverbrauchzähler.

Spannungen von stets gleicher Phasenlage gegen den Strom über ein Zusatzgerät zugeführt werden. Letzteres besteht aus dem Relais *R*, dem Ferrarismotor *F* und einem dreiphasigen Spannungsteiler *St* mit Kontaktbahn und Drehschalter. Der Kontaktarm des Relais schwebt zwischen den Kontakten, bis eine Änderung der Phase des Stromes eintritt. Ist dies der Fall, dann entsteht Kontakt in der einen oder anderen Richtung und einer der Kurzschlußkreise (Abschattungswicklungen) des Ferrarismotors wird geschlossen. Dieser dreht nun den Bürstenarm des Spannungsteilers, der aus drei in Dreieck geschalteten Widerständen oder Drosselspulen besteht. Die abgenommenen Spannungen, die um je 10 ° auseinander liegen, werden sowohl den Spannungsspulen des Zählers, als auch der Spule des Relais zugeführt, welches daher solange läuft, bis sein Drehmoment wieder 0 ist. Damit erhält der Zähler Spannungen von stets gleicher bzw. innerhalb 10 ° schwankender Phasenlage und zeigt somit den Scheinverbrauch mit einer zusätzlichen Genauigkeit von 0,4 % an. Mit dem Drehschalter kann eine Anzeigevorrichtung betätigt werden, deren Zeiger angibt, ob induktive oder kapazitive Belastung vorliegt. Die Größe des Leistungsfaktors wird nicht angezeigt. [W. Casson u. A. H. Gray, J. Instn. electr. Engr. 78 (1936) S. 681.]

Be.

Elektromaschinenbau.

621. 313. 3. 025. 3. 002. 2 **Fortschritte im Bau von Drehstrommotoren.** — Der Bau von Drehstrommotoren entwickelt sich stärker nach der konstruktiven als nach der elektrischen Seite hin. Nachdem anfängliche Schwierigkeiten überwunden sind, wird immer mehr geschweißt: Gehäuse, Druckplatten, Lüfter, Läufer, wobei gerade bei Drehstrommotoren von den Vorteilen dieses Verfahrens der Anpassungsfähigkeit bei Einzelfertigung, Fortfall der Modelle, geringerer Durchbiegung querschnittsgleicher Stahlteile gegenüber gußeisernen, Gebrauch gemacht wird. Die Hauptschwierigkeit beim Schweißen, das Verziehen, läßt sich bei sorgfältiger Fertigung vermeiden.

Die Gehäuseform ist im wesentlichen gleich; je nach Größe der Motoren zwei oder mehr senkrecht zur Wellenachse gestellte Wände, die durch radiale Rippen, Halteleisten und den Mantel zusammengehalten werden. Verschieden ist nur die Art des Zusammenbaues. Kleine Motoren mit Rundschnitt werden über einen Dorn gepackt und dann das Gehäuse um das Blechpaket gebaut, größere über eine Hilfstrommel geschichtet, große im Gehäuse selbst aufgebaut, wobei die einzelnen Segmente über Bolzen, Hammerköpfe — oder Schwalbenschwanzeisen geführt werden. Bei größerer Nuttiefe und großer aktiver Eisenlänge erhalten die äußeren Gehäusewände aufgeschweißte Druckfinger, erforderlichenfalls aus unmagnetischem Stahl. Für die Festigkeitsberechnung und die Durchbiegung sind nur die Seitenwände einzusetzen.

Geschweißte Läufernaben sind in der Form anpassungsfähiger als gegossene. Bei kleinen Motoren werden die Rippen unmittelbar auf die Welle geschweißt. Hier ist empfehlenswert, die Schweißspannung durch Ausglühen zu beseitigen. Bei sorgfältiger Ausführung ist dann diese Bauart einwandfrei. Größere Läufer erhalten ausgebrannte Scheiben, die auf eine Nabe geschweißt und durch Radialrippen versteift werden. Auch hier werden die Blechkörper je nach Größe entweder über Dorne, Hilfstrommeln oder unmittelbar in Läufer gepackt, durch Druckplatten zusammengepreßt und das Ganze verschweißt.

Entsprechend der Grundforderung: Zuverlässigkeit, leichte Zugänglichkeit bei Wartung und Instandsetzung sind in der Entwicklung zwei Grundlinien zu erkennen. Erstens sind kleine Motoren heute einheitlich gekapselte Maschinen, meist mit Wälzlagern. Der Läufer für sich oder der ganze Motor kann im Störungsfalle leicht ausgewechselt werden. Zweitens erhalten größere Motoren leicht auswechselbare Spulen, oder wenigstens solche, die im Störungsfalle schnell abgeschaltet werden können. Geteilte Weißmetallager sind leichter auswechselbar als Wälzlager und daher bei größeren Motoren vorzuziehen. Bei geschützten Maschinen erfüllt man die Forderung, daß alle stromführenden Teile vor Berührung geschützt werden müssen, durch Abdecken aller Öffnungen mit gelochtem Blech oder Drahtnetz. Zur guten Belüftung wählt man bei kleinen Motoren Axial-, bei großen Radiallüfter. In letzter Zeit sind vollständig gekapselte Maschinen mit doppelter Luftführung entwickelt worden. Ein Luftstrom geht nur durch das Eisen und ein anderer nur durch die Wicklung. Die Luftwege müssen öfter gereinigt werden, da die Luft immer Staub ablagert.

Motoren mit Lagerschilden sind durch die unmittelbare Verbindung von Gehäuse und Lagerung besonders starr. Die T-Form ist besser als die Y- oder +-Form. Größere Lagerschilde werden oftmals geteilt, so daß die Lager ohne Abziehen der Kupplung abgenommen werden können. Am besten sind waagerecht geteilte und zusammengeschraubte Schilde; sie sind ebenso starr wie ungeteilte. Niedrige Lager, die auf einem Balken des Gehäuseschildes sitzen und mit Keilen am Lagerfuß ausgerichtet werden, neigen zum Verziehen bei Belastung. Besser ist es, die Einstellkeile in Höhe der Welle beiderseits der Lager anzubringen. Diese Form vereinigt die Starrheit der Lagerschilde mit der Einstellbarkeit der Lagerböcke. Grundrahmen, früher aus Stahl genietet, werden heute allgemein geschweißt. Sie neigen zum Verziehen und müssen deshalb gut versteift und ausgegossen werden. Die Fundamentanker sind so dicht wie möglich an die Lager heranzuziehen.

Den Luftspalt von Asynchronmotoren nimmt man, um einen guten Leistungsfaktor zu erhalten, so klein, wie es die Herstellung und die mechanische Festigkeit der Kon-

Digitized by Google

struktion zulassen. Als Anhalt für die Wahl des kleinsten einseitigen Luftspaltes δ kann gelten:

$$\delta = 0{,}05 \sqrt{D_i} - 0{,}25 \text{ in mm.}$$

(D_i ist die Ständerbohrung in mm)

In Deutschland wird vielfach der Luftspalt 0,8 bis 1,0 ‰ des Rotordurchmessers gemacht. Nachdem die Theorie der Durchbiegung von Ständergehäusen mathematisch erfaßt ist, muß auch der einseitige magnetische Zug in Abhängigkeit von einer einseitigen Verlagerung des Ständers genauer untersucht werden. Hierzu wird auf die Arbeiten von Poole und Walker[1]) verwiesen.

Eine wichtige Aufgabe beim Bau von Drehstrommotoren ist die Vermeidung der Geräusche. Sie können auf zwei Ursachen zurückgeführt werden: Luftgeräusche und magnetische Geräusche. Die ersteren zerfallen in sirenenartige mit drehzahlbedingter Frequenz und in Hohlraumgeräusche, deren Frequenzen unabhängig von der Drehzahl sind[2]).

Die magnetischen Geräusche kann man in zwei Gruppen einteilen: 1. Lehrlaufgeräusche: große Zahndichte gibt im Leerlauf laute Maschinen, wobei die Form der Zahnspitze Einfluß auf die Lautstärke hat. Ist das Blechpaket fest zusammengepreßt und sind die Zähne gut versteift, so läßt sich dieses Geräusch unterdrücken. Ständerwicklungen mit parallelen Zweigen und gemeinsamem Sternpunkt können Geräusche verursachen, wenn die beiden Teilströme einer Phase entgegengesetzt durch die Maschine laufen. Wellenwicklungen unterdrücken diese Geräusche.

2. Die magnetischen Geräusche unter Last rühren in der Hauptsache von der Spitzenwirkung der Läufer- und Ständerzähne her. Hierbei hat die Form der Zähne den gleichen Einfluß wie bei den Leerlaufgeräuschen.

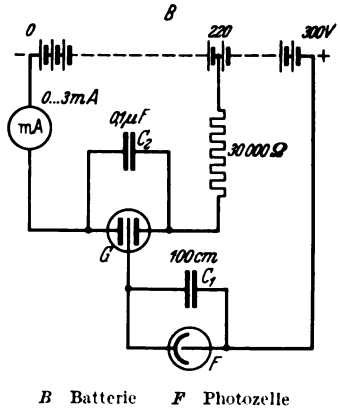
Natürliche Geräuscherzeuger scheinen alle Wirbelströme zu sein. Ist bei einer Maschine die Polzahl durch die Zahl der Nuten je Phase teilbar, so ergibt sich selbst bei vollkommen ausgeglichenen Phasen ein subharmonisches Feld. Ein solcher Motor ist immer geräuschvoll. Das Geräusch wächst bei ungleicher Phasenbelastung. Ein solches nicht teilerfremdes Verhältnis von Pol- zu Nutenzahl erzeugt bei Käfigläufern immer Geräusch, wenn der Motor anläuft. Man kann als sicher annehmen, daß ein Käfigmotor, der bei einer gewissen Drehzahl die Neigung zum Kriechen hat, bei dieser Drehzahl auch geräuschvoll sein wird, und daß umgekehrt eine Maschine, die geräuschlos auf volle Geschwindigkeit kommt, wenig oder gar keine Neigung zum Kriechen hat. Deshalb müssen zur Vermeidung unnötiger Geräusche alle ganzzahlig teilbaren Verhältnisse unbedingt vermieden und vollkommen ausgeglichene Wicklungen verwendet werden. [Laurence H. A. Carr, J. Instn. electr. Engr. 78 (1936) S. 383.] *Wkr.*

621. 313. 3. 001. 2 **Asynchroner und synchroner Betrieb der allgemeinen, doppelt gespeisten Drehstrommaschine.** — Das Gebiet der doppelt gespeisten Drehstrommaschine läßt sich in zwei große Gruppen — Asynchrongruppe und Synchrongruppe — einteilen. Das Betriebsverhalten der Asynchrongruppe, zu der neben der normalen einseitig gespeisten Asynchronmaschine die verschiedenen Arten von Drehstromregelsätzen zur Drehzahlregelung oder Phasenkompensation gehören, ist von vielen Seiten eingehend untersucht worden. Kennzeichnend für diese Gruppe ist, daß bei Doppelspeisung die Sekundärklemmenspannung U_2 nach Größe und Phase in einem bestimmten Verhältnis zur Primärspannung U_1 steht, unabhängig von der Winkellage des Läufers. Eine Änderung des Belastungszustandes ist infolgedessen nur durch Drehzahländerung möglich. Bei der Synchrongruppe liegt die Phasenlage von U_2 zu U_1 nicht mehr fest. Primär- und Sekundärteil werden von Spannungen gespeist, die vollkommen unabhängig voneinander sind. Die Phasenlage von U_2 liegt zwar bezogen auf die Läuferwicklung fest. Da aber der Läufer eine beliebige Winkellage einnehmen kann, ist auch die Winkellage von U_2 gegen U_1 beliebig. Während die Drehzahl fest gegeben ist aus der Differenz der Frequenzen von U_1 und U_2, ergibt sich der Lastzustand hier aus der Winkellage der beiden Spannungen gegeneinander. Bis jetzt sind im Schrifttum in der Hauptsache nur Sonderfälle der Synchrongruppe, wie die normale gleichstromerregte Synchronmaschine oder die Doppelfeldmaschine für maximal 6000 U/min, behandelt worden. Bei einer allgemeinen Betrachtung, die nicht besonders ausgezeichnete, sondern alle Drehzahlen zwischen + und — unendlich erfaßt, zeigt sich, daß aus dem normalen Asynchronkreis (Ossannakreis) sofort bei jeder Drehzahl das entsprechende Synchron-Stromdiagramm — wieder ein Kreis — gefunden werden kann. Der Mittelpunkt des neuen Kreises ist der entsprechende Punkt auf dem Asynchronkreis. Das Moment entspricht bei bestimmter Winkellage des Läufers dem Moment als Asynchronmaschine ($L_{1_\perp} \cdot c$). Bezeichnen wir diese Läuferlage als Nullage $\alpha = 0$, so tritt zu diesem Moment ein mit dem Sinus des Winkels α veränderliches ($L_{1_\parallel} \cdot \sin\alpha \cdot c$) hinzu. Das Gesamtmoment wird also $(L_{1_\perp} + L_{1_\parallel} \cdot \sin\alpha) \cdot c$. Je nachdem, ob die Maschine über- oder untersynchron arbeitet, das Asynchronmoment also positiv oder negativ ist, ist die Überlastbarkeit als Generator oder als Motor größer. Nur bei der Synchronmaschine und der Doppelfeldmaschine sind die beiden Kippmomente ungefähr gleich groß. Das synchronisierende Moment ist bei einer dem Asynchronmoment entsprechenden Belastung, also bei $\alpha = 0$ am größten und ändert sich mit dem cos α. Die Untersuchung des nichtstationären Zustandes, die bei der Synchrongruppe wegen der notwendig auftretenden Pendelungen äußerst wichtig ist, führt, wie schon von der normalen Synchronmaschine her bekannt, bei gewissen Vernachlässigungen zu einer freien gedämpften Schwingung. Ausschlaggebend für die Brauchbarkeit der Maschine ist die Frage, ob die Dämpfung positiv oder negativ ist. Auf verhältnismäßig einfache Weise läßt sich der Dämpfungsfaktor ermitteln, wenn man beim Pendeln den Augenblick herausgreift, in dem der Läufer durch die dem stationären Zustand entsprechende Winkellage α_0 durchgeht. Vergleicht man das dabei auftretende mit dem stationären Moment, so hat man ein Maß für die Dämpfung gefunden. Es zeigt sich, daß nur in einem bestimmten Bereich in der Nähe der synchronen Drehzahl die doppelt gespeiste Maschine (der Synchrongruppe) für sich ohne fremde äußere Dämpfung stabil arbeitet. Der stabile Bereich kann durch Erhöhung des Sekundärwiderstandes erweitert werden. Durch einige praktische Versuche kann die grundsätzliche Richtigkeit der angestellten Untersuchungen nachgewiesen werden. [A. Leonhard, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 8, S. 483.] *eb.*

[1]) R. Poole, J. Instn. electr. Engr. 77 (1935) S. 77, 176 u. 293.
[2]) E. Lübcke, ETZ 56 (1935) S. 545.

Apparate und Stromrichter.

621. 395. 644. 1 : 621. 383 **Der Glimmverstärker und seine Verwendung zur Verstärkung von photoelektrischen Strömen.** — Die Verstärkung kleiner Gleichströme stößt auf große Schwierigkeiten, sobald man mehr als eine Röhrenstufe braucht, da dann getrennte Batterien für die einzelnen Röhren notwendig werden. I. G. C. Weber beschreibt die Verwendung des Glimmverstärkers zur Verstärkung der schwachen Gleichströme, wie sie von einer Photozelle geliefert werden. Der Verstärker liefert zwar am Ausgang außer dem gewünschten Gleichstrom noch überlagerten Wechselstrom, auch ist die Verstärkung nicht restlos linear, doch macht das bei der Verwendung eines Drehspulrelais nicht viel aus. Die Gleichstromverstärkung beträgt etwa 5000. Die Wirkung (Abb. 2) beruht darauf, daß das an sich bekannte Glimmrelais nach Richter und Geffcken über einen Kondensator von 100 pF an eine hohe positive Spannung gelegt wird. Solange die Photozelle nicht leitet, wirkt sich die Span-



B Batterie *F* Photozelle
G Glimmrelais

Abb. 2. Glimmverstärker zum Verstärken der Ströme einer Photozelle.

Digitized by Google

nung nicht auf die Hilfselektrode aus. Bei Belichtung wird aber der Kondensator um so rascher entladen, je stärker die Belichtung ist. Dadurch wird die Entladung im Glimmrelais gezündet, erlischt aber wegen des hohen Vorschaltwiderstandes von 30 kΩ gleich wieder. Während der Glimmentladung wird auch der Kondensator C_1 wieder aufgeladen. Die Frequenz der Entladung wächst mit der Belichtung von etwa 1 bis 1000 Hz. Der Mittelwert des Ladestromes, der diesen Stromspitzen entspricht, liegt zwischen 0 und etwa 3 mA. Bei sehr schwachen Photoströmen zählt man besser die Zahl der Entladungen in der Minute. Als Anwendungsbeispiel des Glimmlichtverstärkers gibt der Verfasser eine Einrichtung zur Messung der Umdrehungen von Zählerscheiben beim Eichen an. Sie spricht bei jeder Umdrehung auf das Vorbeikommen des roten Striches auf der Zählerscheibe an. [I. G. C. Weber, Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 172.] *Kur.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 7. 072. 2 **Untersuchungen an thermischen Spannungsgleichhaltern.** — Die thermischen Verfahren zur selbsttätigen Strom- und Spannungsregelung[1]) beruhen darauf, daß der Widerstand eines erhitzten Drahtes von der Stärke des ihn durchfließenden Stromes gesetzmäßig abhängig ist. Als erhitzte Drähte werden Eisendrahtlampen mit Wasserstoffüllung, sog. Variatoren, oder gewöhnliche Metalldrahtglühlampen verwendet. Ausgehend von der Aufgabe, die am Heizfaden einer Glühkathodenröhre wirksame Spannung (bei Spannungsschwankungen der Stromquelle von etwa ± 10 %) auf mindestens ± 0,1 % gleichzuhalten, hat P. J. Higgs drei Ausführungsarten von thermischen Spannungsgleichhaltern hinsichtlich ihrer Eigenschaften (Regelgenauigkeit, Wirkungsgrad und thermische Trägheit) eingehend untersucht und folgende Ergebnisse erhalten:

1. Bei einer Eisendrahtlampe (Nennstrom 2,2 A) betrug die Regelgenauigkeit ± 1,5 %, wenn die Spannung der Stromquelle (Nennspannung 12 V) um ± 20 % schwankte. Es ergab sich ein Wirkungsgrad von 37 %. Wenn man stufenweise zunächst von höheren und dann von niedrigeren Spannungen ausgehend der Eisendrahtlampe eine bestimmte Spannung zuführt, so ergeben sich verschiedene Stromwerte. Die thermische Trägheit macht sich dabei unangenehm bemerkbar.

2. Die bekannte, wohl zuerst von F. G. H. Lewis[2]) im Jahre 1921 beschriebene „Glühlampen-Brückenschaltung", die in je zwei einander gegenüberliegenden Zweigen zwei Metalldrahtglühlampen bzw. zwei Manganindrahtwiderstände enthält, ermöglicht, den in der Meßdiagonale der Brücke fließenden und dem Heizfaden zugeführten Strom (Nennwert 0,18 A) auf ± 0,1 % gleichzuhalten (Nennspannung der Stromquelle 5 V). Der Wirkungsgrad beträgt aber nur 3,6 %. Verschiedenheiten bei steigender und fallender Spannung, wie sie bei der Eisendrahtlampe beobachtet wurden, sind hier nicht vorhanden. Die thermische Trägheit ist so gering, daß sie nicht störend wirkt.

3. Wenn man nun Glühlampen-Brückenschaltung und Eisendrahtlampe durch Reihenschaltung vereinigt, so daß der die Brücke durchfließende Strom durch die Eisendrahtlampe bei Spannungsschwankungen von ± 20 % auf etwa 1 bis 2 % gleichgehalten wird, bleibt der in der Meßdiagonale der Brücke fließende und dem Heizfaden zugeführte Strom (Nennwert 0,18 A) auf ± 0,025 % konstant (Nennspannung der Stromquelle 12 V), wobei der Wirkungsgrad 1,35 % beträgt. Auch hier sind die bei der Eisendrahtlampe beobachteten Verschiedenheiten und eine störende thermische Trägheit nicht zu bemerken.

Die Untersuchungen zeigen, daß die Glühlampen-Brückenschaltung, insbesondere in Verbindung mit einer ihr vorgeschalteten Eisendrahtlampe, als Präzisions-Spannungs- bzw. Stromregler benutzt werden kann. [P. J. Higgs, I. sci. Instrum. 13 (1936) S. 114.] *Gyr.*

[1]) Zusammenfassende Darstellung über thermische Spannungs-Gleichhalter: W. Geyger, Arch. techn. Mess. (1934) J 062—6.

[2]) F. G. H. Lewis, Proc. Phys. Soc. 34 (1921 22) S. 117. Vgl. auch: DRP 413 736 vom 5. 6. 1924 und DRP 421 482 vom 10. 9. 1924; J. Spencer, Instruments, Pittsb. Pa. 6 (1933) S. 93; W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 28 (1934), S. 270.

Beleuchtung.

621. 326. 7. 025. 004. 12 **Das Flimmern von Glühlampen bei Wechselstrom.** — Das Flimmern von vier verschiedenen Lampentypen gleicher Volt- und Wattzahl (220 V/60 W) und zwar

1. Geradfädige Vakuumlampe,
2. Vakuum-Einfachwendellampe,
3. Gasgefüllte Einfachwendellampe,
4. Gasgefüllte Doppelwendellampe

wurde bei Betrieb an sinusförmigen Wechselstrom von der Frequenz 21,5 Hz mit Hilfe einer Photozelle und einer Hochvakuum-Kathodenstrahlröhre aufgenommen. Der Flimmerfaktor, das ist das Verhältnis $\frac{i}{I_0}$ wobei unter i die halbe Lichtstärkeschwankung und unter I_0 die mittlere Lichtstärke verstanden wird, ist am kleinsten bei der Vakuum Einfachwendellampe, am größten bei der gasgefüllten Einfachwendellampe. Wegen der besseren Lichtausbeute der gasgefüllten Lampen wird man für Netze mit sehr niedriger Periodenzahl die Doppelwendellampe vorziehen. Bei der üblichen Frequenz von 50 Hz ist der Flimmerfaktor bei allen Lampen so niedrig, daß er in keinem Falle störend wirkt. [v. Liempt u. de Vriend, Z. Physik 100 (1936) S. 263.] *M. W.*

Elektrowärme.

621. 365 : 669 (41/42) **Die elektrischen Öfen in der englischen Metallurgie.** — Die Leistung aller in Großbritannien betriebenen elektrischen Öfen beziffert sich auf 150 000 kW. Unter Berücksichtigung einer Betriebszeit von 5½ Tagen/Woche beträgt der Jahresverbrauch an elektrischer Energie mindestens 450 Mill kWh, die Ausgaben hierzu etwa 1 Mill £[1]). Von den drei Ofenarten (Lichtbogenofen, Niederfrequenz- oder Hochfrequenzofen, Widerstandsofen) werden die Lichtbogenöfen besonders für die Erzeugung von Stahl- und Ferrolegierungen verwendet. Die ersten Öfen dieser Art wurden vor 26 Jahren aufgestellt; ihre Zahl befindet sich ständig in der Zunahme. Im Grundaufbau weichen sie nur unwesentlich von den ersten Héroult-Öfen ab. Geändert haben sich in der Hauptsache die Transformatoren, die Erhöhung der Spannung und in einigen Fällen die Art der Beschickung. Die Leistung der Hochfrequenzöfen schwankt zwischen 30 und 1250 kW, der Inhalt von 50 bis 5000 kg. Der Ajax-Induktionsofen für normale Frequenz findet vorzugsweise zum Schmelzen von Messing Verwendung. Es gibt von diesen Öfen etwa 1000 in der Welt, davon 90 in England. Kippbare Lichtbogenöfen von kleinem Inhalt trifft man dann in der Bronze- und Eisengießerei an. Neuerdings bedient man sich der Hochfrequenzöfen auch für die Wärmebehandlung von Kurbelwellen und ähnlichen Stücken. Während das Nitrierhärteverfahren eine Zeit von etwa 40 h erfordert, kann die Wärmebehandlung im Hochfrequenzofen mit anschließendem Abschrecken in einem Bruchteil dieser Zeit erfolgen. [J. Four électr. 45 (1936) S. 209.] *Kp.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

537. 521 **Einleitung von elektrischen Entladungen durch Feldemission.** — In trockener, staub- und ionenfreier Luft können an eine Funkenstrecke Spannungen, die die Durchbruchsspannung weit übersteigen, gelegt werden, ohne daß eine Entladung erfolgt. Die Größe dieser Spannung mißt J. W. Flowers für kurze Spannungsstöße einmal durch Parallelschalten einer mit ultraviolettem Licht bestrahlten Funkenstrecke und zweitens mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen, der die Spannung an der Funkenstrecke aufzeichnet. Er findet, daß die Feldstärke an der Kathode, die zur Einleitung der Entladung an einer solchen hoch überspannten Funkenstrecke nötig ist, die Größenordnung $5 \cdot 10^5$ V/cm hat. Sie ist fast unabhängig von der Art des Gases und von seinem Druck, vom Atmosphärendruck bis zum Erreichen des Vakuumfunkens. Der Zahlenwert ist von derselben Größenordnung, den man im Hochvakuum beobachtet. Man kann also annehmen, daß die Einleitung der Entladung durch Feld-

[1]) 1 £ entspricht etwa 12,50 RM.

Digitized by Google

emission erfolgt; die Feldstärke reicht aus, um aus der Kathode Elektronen zu befreien, wobei ein einziges Elektron wahrscheinlich genügt, um die Entladung einzuleiten. Schwierig ist dagegen die Erklärung, wenn bei unsymmetrischen Elektroden die hohe Feldstärke an der Anode liegt. Die erforderliche Feldstärke ist dann etwa 20 % höher. Die Annahme, daß zufällig im Feld befindliche Ionen oder Elektronen die Entladung einleiten, glaubt der Verfasser auch in diesem Fall ausschließen zu können. [J. W. Flowers, Physic. Rev. 48 (1935) S. 954.] *Br.*

537. 568 **Elektronenanlagerung und Ionenbildung bei Gasen.** — W. Rogowski untersucht, welche Folgerungen sich ergeben, wenn für die Ionenbildung durch Anlagerung von Elektronen an neutrale Molekeln das Massenwirkungsgesetz gilt. Bei einmolekeligen Ionen ergibt sich für das Verhältnis der Elektronen- zur Ionenkonzentration bei 27 ° C der Wert

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{0{,}506 \cdot e^{-38{,}7\,V}}{P}$$

P ist dabei der Druck in Atmosphären, V die Anlagerungsspannung in Volt. Die Größe dieses bei der Anlagerung freiwerdenden Energiebetrags ist unbekannt; sie wird größenordnungsmäßig auf einige Zehntel Volt geschätzt. Setzt man sie probeweise gleich Null, womit vermutlich die Verhältnisse bei Edelgasen einigermaßen getroffen werden, so erhält man $\frac{c_1}{c_2} = \frac{0{,}5}{P}$. Selbst bei der Anlagerungsspannung Null finden wir also keineswegs nur freie Elektronen. Bei Atmosphärendruck sind zwei Drittel der Gesamtträger Ionen, ein Drittel freie Elektronen. Für $V = 0{,}5$ Volt, $P = 1$ at wird $\frac{c_1}{c_2} = 2{,}1 \cdot 10^{-9}$, jetzt sind also praktisch nur noch Ionen vorhanden. Mit abnehmendem Druck steigt die Zahl der freien Elektronen; für $P = 0{,}001$ at und $V = 0$ Volt ist $\frac{c_1}{c_2} = 500$; wir haben es also praktisch nur noch mit freien Elektronen zu tun. Das Massenwirkungsgesetz gestattet auch, den Einfluß von kleinen Zusätzen eines Gases mit großer Anlagerungsspannung auf die Zahl der freien Elektronen in einem Gas mit kleiner Anlagerungsspannung zu berechnen. Ist die Anlagerungsspannung des Grundgases 0 V, die der Verunreinigung 0,5 V, so sinkt das Konzentrationsverhältnis Elektronen zu Ionen rund auf die Hälfte des Wertes für die Grundsubstanz, wenn die Verunreinigung nur $5{,}6 \cdot 10^{-9}$ der Grundsubstanz ausmacht. Qualitativ treffen diese Folgerungen mit bekannten Tatsachen zusammen; eine genauere Prüfung ist nicht möglich, da die Werte der Anlagerungsspannung unbekannt sind. Mehrmolekelige Ionen sind nach dem Massenwirkungsgesetz ebenfalls möglich, besonders bei hohen Drucken und niedrigen Temperaturen; bei Zimmertemperatur und Atmosphärendruck sind Ionen von mehr als drei Molekeln unwahrscheinlich, wenn die Anlagerungsspannung auch bei ihnen nur wenige Zehntel Volt betragen sollte. [W. Rogowski, Z. Physik 98 (1935) S. 399.] *ne.*

537. 523. 5 : 536 **Temperaturverteilung und Elektronendichte in frei brennenden Lichtbogen.** — Um die Temperaturverteilung im Querschnitt eines Lichtbogens zu bestimmen, bildet H. Hörmann den Bogen so auf den Spalt eines Spektrographen ab, daß Bogenbild und Spalt senkrecht zueinander stehen. Das Spektrum zeigt dann Linien, die je nach Größe ihrer Anregungsspannung verschieden lang sind. Der Intensitätsverlauf einer Spektrallinie wird mit einem Registrierphotometer als Funktion des Säulenradius bestimmt. Aus ihm läßt sich mit Hilfe einer Abelschen Integralgleichung die spezifische Strahlungsdichte über den Bogenquerschnitt berechnen. Aus dem Wienschen Strahlungsgesetz wird dann die Temperaturverteilung über den Bogenquerschnitt für den Kohlebogen bestimmt. Aus der von Saha angegebenen Ionisationsgleichung ergibt sich der Ionisierungsgrad über den Bogenquerschnitt als Funktion von Temperatur T und Ionisierungsspannung ε. Da die aus dem so bestimmten Ionisierungsgrad berechnete Gesamtstromstärke mit der gemessenen übereinstimmen muß, läßt sich ε / T_m festlegen, wenn T_m die Temperatur in der Bogenachse ist. Es ergibt sich $6000\,° < T_m < 7000\,° K$ und $8{,}5 < \varepsilon < 10{,}5$ V. Abb. 3 zeigt Temperatur T und Ionisierungsgrad x als Funktion des Radius der Bogensäule, wenn $T_m = 6300\,° K$ und $\varepsilon = 9{,}5$ V angenommen wird. Messungen mit besonders reinen Kohlen zeigen, daß die Ionisation im Kohlebogen nicht wesentlich durch die Verunreinigungen der Kohle beeinflußt wird.

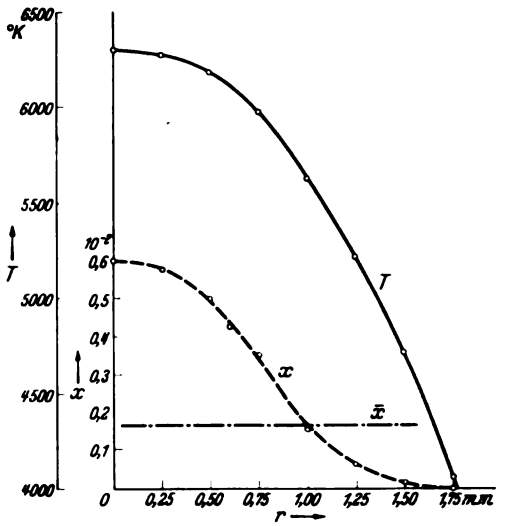


Abb. 3. Temperatur und Ionisierungsgrad im Lichtbogen.

Der Verfasser bestimmt außerdem die Längsfeldstärke, indem er die Bogenspannung als Funktion der Bogenlänge bei konstanter Stromstärke aufnimmt. Er findet in Übereinstimmung mit früheren Messungen eine Zweiteilung; für kleine Bogenlampen hat beim Kohlebogen die Feldstärke größere Werte als für hinreichend große Längen. Die meist verwendeten Konstanten der Ayrtonschen Gleichung gelten nicht bei den großen Bogenlängen; die Konstante b ist um den Faktor 2,1 zu groß. So ist bei einem Kohlebogen von 10 A die Längsfeldstärke oberhalb von 1 cm Bogenlänge 15 V/cm. Bei Alkalibögen fehlt die Zweiteilung, die Bogenspannung ist eindeutig proportional der Bogenlänge. [H. Hörmann, Z. Physik 97 (1935) S. 539.] *Wba.*

534. 839 **Messung von Geräuschspannungen und Starkstromformfaktoren.** — Die Beeinflussung und Störung von Fernsprechleitungen durch Starkstromkreise wird seit längerer Zeit in der Weise verfolgt und untersucht, daß man einerseits die in den Fernsprechleitungen induzierten Geräuschspannungen unter Berücksichtigung ihrer Störfähigkeit bei der Gesprächsführung mißt und daß man anderseits die grundsätzliche Störfähigkeit der Wellenform des Starkstromes feststellt. Unter Störfähigkeit wird dabei eine nur für reine Töne angebbare Eigenschaft verstanden; man bestimmt sie in relativen Zahlenwerten durch Silbenverständlichkeitsmessungen, die in Gegenwart der Störtöne an einem elektroakustischen Übertragungssystem ausgeführt werden, dessen Frequenzkurve mittleren Betriebsbedingungen entspricht. Die Störfähigkeiten der einzelnen Frequenzen verhalten sich wie die Ströme, die jeweils in das Übertragungssystem eingeführt werden müssen, um den gleichen Rückgang der Silbenverständlichkeit gegenüber der Verständlichkeit des ungestörten Systemes zu ergeben. Die induzierte Geräuschspannung wird mit Effektivwertgeräten hinter einem Filter gemessen, dessen Frequenzgang der Störfähigkeitskurve entspricht und für die richtige Bewertung der einzelnen Frequenzen des Geräusches sorgt. Den Formfaktor der Wellenform des Starkstromes gibt man z. B. an als das Verhältnis der effektiven Spannung, gemessen hinter einem Bewertungsfilter, zur gewöhnlichen Effektivspannung des Netzes.

Die ursprünglichen, zum Teil aus den ersten Nachkriegsjahren stammenden Vorschläge über diese Fragen sind inzwischen in den meisten Ländern wesentlich erweitert und verbessert worden. Über die amerikanischen Arbeiten auf diesem Gebiet liegt jetzt ein Bericht von Barstow, Blye und Kent vor. Die Untersuchungen der

Digitized by Google

Amerikaner beziehen sich zunächst auf eine Neubestimmung der Störfähigkeitskurve für einen erweiterten Frequenzbereich und verschiedene Betriebsverhältnisse. Besonders sorgfältig ist ferner die Frage geprüft worden, ob die Geräuschspannung eines zusammengesetzten Geräusches noch der subjektiven Störfähigkeit entspricht, obwohl die Bewertung nach Maßgabe der Störfähigkeit reiner Töne erfolgt und bekannt ist, daß das Gehör im allgemeinen einen Gesamteindruck nach verhältnismäßig verwickelten Gesetzen aus den Einzelbestandteilen bildet. Man hat zu dieser Untersuchung zahlreiche Silbenverständlichkeitsmessungen in Gegenwart von sehr verschiedenartigen, aber praktisch noch vorkommenden Störgeräuschen durchgeführt und die zugehörigen Geräuschspannungen gemessen. Dabei zeigte sich, daß im allgemeinen unabhängig von der Zusammensetzung des Geräusches zu gleichen Geräuschspannungen auch gleiche Rückgänge der Silbenverständlichkeit gehören, womit die Brauchbarkeit des Meßverfahrens bewiesen ist. Nur bei Geräuschen mit sehr verschiedenartigen Teiltönen, z. B. Gleichrichtergeräuschen treten kleine Unstimmigkeiten im Sinne einer zu kleinen Anzeige des Geräuschspannungsmessers auf. Für die Zwecke der Formfaktorbestimmung wird ferner eine besondere Störgewichtskurve aufgestellt, welche auch dem Frequenzgange der Kopplung zwischen Starkstrom- und Fernsprechleitung Rechnung trägt. Nach den amerikanischen Erfahrungen ist hierbei überwiegend die induktive Ankopplung mit frequenzproportionalem Kopplungsfaktor zu berücksichtigen. [J. M. Barstow, P. W. Blye und H. E. Kent, Electr. Engng. 54 (1935) S. 1307.] *Tg.*

621. 315. 6. 029. 5 : 621. 317. 374 **Verlustzahl von Hochfrequenz-Isolierstoffen bei hohen Temperaturen.** — Hochfrequenz-Isolierstoffe für Senderkondensatoren, Senderröhren und Hochfrequenz-Empfängerröhren sind hohen Wärmebeanspruchungen ausgesetzt. Senderkondensatoren entwickeln eine Wärmeleistung proportional der Blindleistung und der Verlustzahl tg δ. Es ist also wichtig, daß der Anstieg der Verlustzahl mit der Temperatur möglichst klein ist. Auch bei Senderröhren und Hochfrequenz-Verstärkerröhren soll die Verlustzahl bei den hohen Innentemperaturen klein bleiben, um die Güte der angeschlossenen Schwingkreise nicht zu verschlechtern.

Bei den wichtigen keramischen Werkstoffen der Hochfrequenztechnik kennt man drei Gruppen:

1. Frequenta und Calit ($\varepsilon \approx 6$ bis 7, tg $\delta \approx 0{,}06$ %)
2. Diakond und Tempa S ($\varepsilon \approx 14$ bis 15, tg $\delta \approx 0{,}01$ %)
3. Kerafar U ($\varepsilon \approx 50$, tg $\delta \approx 0{,}01$ %)
   Condensa C ($\varepsilon \approx 80$, tg $\delta \approx 0{,}04$ %)
   Kerafar R ($\varepsilon \approx 80$, tg $\delta \approx 0{,}1$ %).

Die angegebenen Zahlen für die Dielektrizitätskonstante ε und tg δ gelten für Zimmertemperatur.

Besonders die Werkstoffe der Gruppe 2, die erst 1935 geschaffen wurden, zeichnen sich durch geringe Verlustzahl aus, die auch bis zu hohen Temperaturen erhalten bleibt. [G. Straimer u. O. Zinke, Arch. techn. Mess. 5 (1936) Lfg. 56 Z. 940—2.] *Vb.*

621. 319. 72 **Eine Elektronenrohr-Kondensatorschaltung für Isolationsstaffelung.** — Die in der Zeitmeßtechnik bekannte Elektronenrohr-Kondensatorschaltung wird für Isolationsprüfungen verwendet. Die Entladungsverzögerungen bei Stoßbeanspruchungen werden mit dem Verfahren ohne Kathodenoszillographen bestimmt. In der Meßanordnung nach Abb. 4 ruft die Stoßspannung u den Sättigungsstrom I im Elektronenrohr hervor. Der Strom I fließt während einer Zeit T zwischen einem bestimmten Punkt der Wellenstirn (z. B. 10 % des Scheitelwertes) und einem Punkt des Spannungsabstieges (z. B. 10 % des Scheitelwertes) nach der Zündung der Entladung im Prüfling. Die Kapazität C wird dabei von Null auf die Spannung U geladen. Aus der Gleichung der Ladung folgt $T = C\,U/I$. Um die Stoßspannung u dem Elektronenrohr anzupassen, werden Widerstandsspannungsteiler und Anfangsspannungen verwendet. Damit der Ladestrom während der Meßzeit T ein möglichst konstanter Sättigungsstrom I ist, soll die statische Strom-Spannungs-Kennlinie des Elektronenrohres einen sehr steilen Anstieg zum Sättigungsstrom und dann einen möglichst waagerechten Verlauf haben. Die Spannung U mißt man in einer verhältnismäßig langen Zeit nach dem Stoß mit einer elektrometrischen Anordnung. Die Ableitung darf dabei keine merklichen Ladungsverluste hervorrufen, eine gute Isolation ist also wichtig.

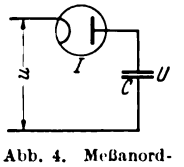


Abb. 4. Meßanordnung.

Bei einem Stoßvorgang fließt außer dem Elektronenstrom durch das Elektronenrohr noch ein Verschiebungsstrom durch die zusätzliche Kapazität c der Elektroden, Leitungen usw. Um den daraus folgenden Fehler zu beschränken, soll man die Kapazität C möglichst groß wählen (Größenordnung 0,01 bis 1 µF).

In der ausgeführten Meßanordnung wird die Heizung des Elektronenrohres nur für beinahe 10 s eingeschaltet, um eine Emission aus der Anode zu begrenzen, die mit einer bestimmten Geschwindigkeit von der glühenden Kathode auf erhöhte Temperatur gebracht wird. In dieser Zeit wird eine Stoßwelle erzeugt oder mehrere, wenn mittlere Verzögerungen für mehrere Wellen bestimmt werden. Die Genauigkeit der Messungen wird mit etwa 10 % angenommen. Messungen der Wellenform mit der Elektronenrohr-Kondensatorschaltung stimmen gut mit den berechneten Werten überein. [St. Szpor, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 7, S. 475.]

538. 3 **Über magnetische Nachwirkung.** — Kindler und Thoma bringen einen zusammenfassenden Bericht über die magnetische Nachwirkung. Nach einleitenden Bemerkungen über die Eigenschaften von ferromagnetischen Stoffen bei schwachen Feldern werden kurz die Theorien der elastischen und dielektrischen Nachwirkung besprochen. In Übereinstimmung zu den dielektrischen und mechanischen Verhältnissen nimmt nämlich Jordan an, daß der Verlustanteil, der sich nicht durch Wirbelstrom- und Hystereseverluste erklären läßt, auf magnetische Nachwirkung zurückzuführen ist. Dann wird auf die beiden wichtigsten Meßverfahren eingegangen: Genaue Brückenmessungen führten Jordan zu seiner Deutung, und durch ballistische Messungen von Gans und Wittke wurde einwandfrei das Vorhandensein der magnetischen Nachwirkung nachgewiesen. Über die Ursachen der Nachwirkung ist noch nichts Sicheres bekannt. Deutungen versuchten Steinhaus und Kußmann mit Hilfe des Ausgleichs von Materialspannungen magnetostriktiver Herkunft, Goldschmidt auf Grund von Mischkörpereffekten, und schließlich Preisach unter Heranziehung von verspätet springenden Barkhausen-Bezirken. [H. Kindler u. A. Thoma, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 8, S. 514.]

Hochspannungstechnik.

537. 22 - 77 **Einfaches Verfahren zur Erzeugung hoher Wechselspannungen.** — Um mit verhältnismäßig einfachen Mitteln im Laboratorium hohe Wechselspannungen zu erzeugen, benutzen W. Hasselbeck und H. Dänzer die bei der Resonanz auftretende Überspannung. Isolationstechnisch läßt sich diese beherrschen, wenn ein Hochspannungstransformator als Wechselspannungsquelle auf einen abgestimmten Schwingungskreis arbeitet, der aus mehreren in Reihe geschalteten Induktivitäten und Kapazitäten besteht (Abb. 5). Die Überspannung wird an dem Punkte P gegen Erde abgenommen. Als Hochspannungsquelle wurden zwei Röntgentransformatoren verwendet, die unter Benutzung eines Isoliertransformators in Reihe geschaltet wurden und von denen jeder auf 80 kV erregt wurde. Als Induktivität dienten die Sekundärspulen von 5 großen Induktorien, als Kapazität 15 bis 20 Leidener Flaschen. So wurden 500 000 V erzielt bei einem Resonanzstrom von etwa 30 mA. [W. Hasselbeck und H. Dänzer, Ann. Physik 25 (1936) S. 74.] *Br.*

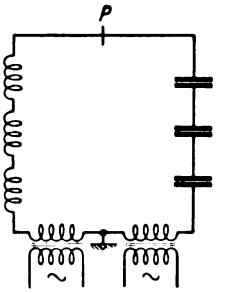


Abb. 5. Erzeugung hoher Wechselspannungen.

Digitized by Google

621. 3. 015. 33 : 537. 525. 4 **Die Stoßdurchschlagspannung und der Stoßdurchschlag im homogenen Felde bei niederen Drucken (100 bis 760 Torr).** — Die zahlreichen bisherigen Arbeiten, die die Durchschlagspannung in Abhängigkeit von der Gasdichte im homogenen Felde untersuchen, dehnen den Druckbereich nur vereinzelt bis zu 100 Torr herab aus. Bei niederen Drucken ist das Paschensche Gesetz nur bei kleinen, bei hohen Drucken nur bei größeren Schlagweiten bestätigt. Durch die Messungen innerhalb der Schlagweiten von 1 bis 50 mm wird zunächst in dem angegebenen Druckbereich die Gültigkeit des Paschenschen Gesetzes für Wechselspannung festgestellt und gefunden, daß bei niederen Drucken die absolute Feuchtigkeit von großem Einfluß auf die Durchschlagspannung ist. In trockener Luft gilt die von H. Ritz angegebene Formel für den Gasdichtekorrekturfaktor bis zu 100 Torr herab. Bei Stoß liegen bis jetzt noch keine entsprechenden Messungen vor, abgesehen von einer amerikanischen Arbeit. Zur Erzeugung der Stoßwellen diente ein einstufiger Stoßgenerator nach VDE[1]). Die Stoßstirn wurde bei allen Meßreihen konstant gehalten. Auf absolute Schwingungsfreiheit war dabei besonderer Wert gelegt. Die Rückenhalbwertsdauer war veränderlich und betrug nach Bestimmung mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen mindestens 4,3 µs. Die Höhe der Scheitelspannung konnte durch eine zur Plattenmeßfunkenstrecke parallel geschaltete 10 cm-Kugelfunkenstrecke ermittelt werden, derart, daß der Überschlag dann im Scheitel erfolgte, wenn von 10 Zündungen des Stoßgenerators 8 bis 9 zum Überschlag führten. Die in ein Glasgefäß eingebaute verstellbare Unterdruck-Funkenstrecke war mittels eines Quarzfensters dauernd einer intensiven Ultraviolettbestrahlung ausgesetzt. Bis zu den kürzesten benutzten Rückenhalbwertsdauern war keine Abweichung von den Messungen bei Wechselspannung festzustellen. Das Paschensche Gesetz gilt also auch für Stoßspannung. Entsprechend können auch die bekannten Gasdichtekorrekturfaktoren für die hier benutzten Stoßwellen angewandt werden.

Der Verlauf des Durchschlags selbst zeigt bei niederen Drucken sehr häufig eine Spannungstufe, deren Bestehen bisher umstritten war. Nach Feststellung ihres Vorhandenseins wurden ihre Entstehungsbedingungen zusammengestellt. Die Elektrodenform ist insofern entscheidend, als die Stufe nur an Plattenfunkenstrecken, aber nicht an als annähernd homogen anzusehenden Kugeln bei kleinen Schlagweiten gefunden wird. Das Feld muß also mindestens für die unmittelbare Umgebung des Durchschlagkanals streng homogen sein. Belichtung und Elektrodenbaustoff haben keine Bedeutung für die Entstehung der Stufe, dagegen ist die Gasdichte von großem Einfluß. Unterhalb von etwa 300 Torr ist die Stufe besonders gut ausgeprägt. Schwingungen des Meßkreises überlagern sich der Stufe und können leicht eine solche vortäuschen. Sie tritt um so regelmäßiger auf, je größer die Ladekapazität der Stoßanlage, je größer also die Ergiebigkeit der Spannungsquelle ist. Sie ist aber unabhängig von der Rückenhalbwertsdauer der Stoßwelle.

Durch Aufnahme der Stromspannungskennlinie und Beobachtung der Entladungserscheinungen wurde versucht, in den Mechanismus der Stufe einzudringen. Der Stromverlauf wurde mittels eines in die Erdleitung der Meßfunkenstrecke eingeschalteten Widerstandes aufgenommen. Die Kennlinie konnte nur annähernd qualitativ ermittelt werden, sie zeigt aber das Wesentliche, nämlich den Übergang der Funkenentladung in eine Glimmentladung. Es handelt sich also bei der Stufe um ein Grenzgebiet zwischen diesen beiden Entladungsformen. [A. Köhler, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 8, S. 528.]

537. 523 **Die zeitliche Hysterese der Ladungen bei elektrischen Gleitentladungen.** — Bei elektrischen Gleitentladungen, das sind Hochspannungsgasentladungen längs dielektrischer Oberflächen, treten bei allen Entladungsformen, wie Polbüschel, Gleitbüschel und Gleitfunken, Nachwirkungen der Ladungen, der Wärme, der Leitfähigkeit und der Molisation auf. Durch ein Verfahren der Trennung der verschiedenen Arten der Hysterese konnte die Ladungshysterese für sich untersucht werden. So wurde insbesondere der Einfluß der Nachwirkungen der Ladungen bei Mehrfachentladungen untersucht und schließlich das zeitliche Ladungsspiel studiert bei einer einzigen Entladung, die während des Anstiegs der Elektrodenspannung von Null bis zum Spannungsspitzenwert und während des Abstiegs vom Spitzenwert wieder auf Null entsteht.

Überlagert man innerhalb Δt Sekunden bei gleichbleibender Elektrodenspannung und im Bereich des Gebietes mit überwiegender Ladungshysterese (vgl. Abb. 6,

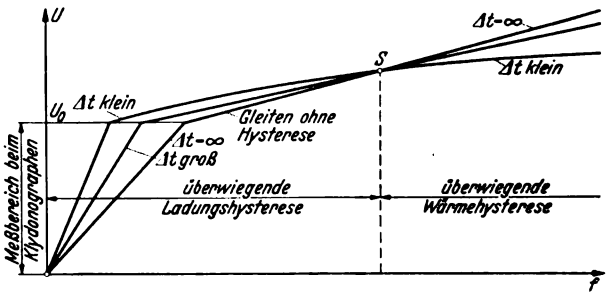


Abb. 6. Veränderung der Kennlinie einer Gleitentladung durch den Einfluß einer Hysterese.

Bereich links von S) zwei gleitende Entladungen, so wird durch die Bremswirkung und durch die Hysterese der Ladung die Ausdehnung der zweiten Entladung verkürzt. Die Verkürzung hängt von der Zeitdifferenz der Aufeinanderfolge nach folgendem experimentell gefundenen Exponentialgesetz ab:

$$f_{\Delta t} = f_\infty \cdot (1 - k \cdot e^{-\alpha \cdot \Delta t}).$$

Dabei ist f_∞ die ursprüngliche, $f_{\Delta t}$ die verkürzte Entladungsausdehnung, k und α sind Konstanten. Der Abklingungsfaktor α ist bei positiven Entladungen gleich 0,11 und bei negativen gleich 0,05. Der Wert k wurde zu 0,333 ermittelt. Dieses Ladungshysteresegesetz gilt für Polbüschel (Klydonograph), Gleitbüschel und Gleitfunken innerhalb des untersuchten Spannungsbereiches bis zu etwa 40 kV.

Im Grenzfalle kleinster Zeitdifferenz wird die Verkürzung ⅓ sowohl bei positiven als auch bei negativen Entladungen. An Hand der Versuchsergebnisse gewinnt man einen Einblick in den zeitlichen Abbau (durch Oberflächenleitung, Dissoziation in den Raum, Ionenfang und dgl.) der nach vollendetem Aufbau der Entladung entstandenen Restladung. Die Hysterese der Ladung wirkt sich insbesondere für Polbüschel aus, die der Wärme für größte Gleitfunken. Wie dabei die Kennlinie (Abhängigkeit der Entladungsausdehnung von der Elektrodenspannung) unter dem Einfluß der Nachwirkungen verändert wird, zeigt Abb. 6. — Die Erörterungen haben für den Klydonographen Bedeutung, soweit es sich um Polbüschelentladungen handelt, und für die Isolatorentechnik, soweit es sich auch um Gleitbüschel handelt. [R. Schiering, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 7, S. 455.]

Chemie.

621. 357. 1 : 669. 5 (7) **Die Entwicklung der elektrolytischen Zinkerzeugung in den V. S. Amerika.** — Die Gewinnung von Zink auf elektrolytischem Wege nimmt in den V. S. Amerika ständig an Umfang zu; im Jahre 1935 betrug diese Zunahme im Vergleich zum Vorjahre 55 %. Der Grund hierzu ist die Bevorzugung von möglichst reinem Zink seitens der Verbraucher wegen seiner besseren Eigenschaften und Haltbarkeit. Silber-Blei-Anoden werden als unentbehrlich angesehen, da sie den Bleigehalt der Zinkanoden beträchtlich verringern. Das Eisen wird während der Behandlung der Laugen und das Kadmium während der Reinigung des Zinkstaubes ausgeschieden. Man erzeugt laufend Zink mit einem Reinheitsgrad von 99,99 %, das vor allem von den nach dem Spritzgußverfahren arbeitenden Gießereien aufgenommen wird. Die Steigerung der Reinheit des Metalles hat die mechanischen Eigenschaften der aus ihm hergestellten Stücke entsprechend verbessert. [J. Four. électr. 45 (1936) S. 161.]

Kp.

[1]) VDE 0450/1933.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Die Auswahl von Niederspannungs-Schaltgeräten für Industrieanlagen.

Von F. Denk VDE, Berlin.

621. 316. 5. 066 : 621. 3. 027. 2

***Übersicht**).** Die technische Entwicklung, die Forderung nach billigen Schutzgeräten und die Anpassung an Sonderaufgaben führten zur heutigen Vielzahl von verschiedenartigen Schaltgeräten. Die Auswahl darf jedoch nicht nur nach Preisvergleichen erfolgen. Die Erkenntnis von der Notwendigkeit des Überlastschutzes, die in den letzten Jahren immer mehr durchgesetzte unmittelbare Einschaltung von Kurzschlußläufermotoren und die mit den Zentralenleistungen gestiegenen Kurzschlußströme stellen hohe technische Anforderungen an die Geräte. Die sich hieraus ergebenden Richtlinien für die Auswahl werden untersucht. Über die Bemessung auf Grund der Kurzschlußströme wird eine zweite Arbeit berichten.

Die Aufgabe der Niederspannungs-Schaltgeräte ist allgemein das Ein- und Ausschalten sowie das Steuern von Motoren, Leitungen und elektrischen Geräten und der Schutz dieser Anlagen. Wenn man nun etwa für einen Motor von 10 A aus der Liste eines Herstellers ein geeignetes Schaltgerät aussuchen will, findet man eine große

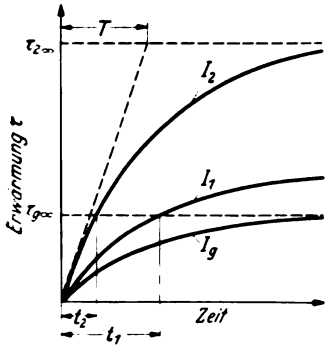


Abb. 1. Erwärmungsverlauf bei verschiedenen Strömen.

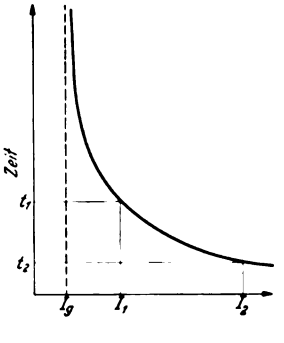


Abb. 2. Überstrom-Zeit-Kennlinie für die zul. Erwärmung $\tau_{g\infty}$.

Anzahl von Möglichkeiten, angefangen von Sicherungen mit Hebel-, Walzen- oder Paketschaltern, von einpoligen Stöpselselbstschaltern über Motorschutzschalter mit Wärmeauslösern mit oder ohne Schnellauslöser mit Hand- oder Fernantrieb bis zu unverklinkten Fernschaltern in Luft oder Öl. Das Ganze kann noch offen oder gekapselt eingebaut werden. Im folgenden soll versucht werden, aus den Schutzbedingungen und der Wirkungsweise der einzelnen Geräte Richtlinien für ihre zweckmäßigste Wahl zu finden. Motoren und Anlagen sollen gegen unzulässige Überlastungen und gegen Kurzschlüsse geschützt werden (Überstrom- und Kurzschlußschutz). Abgesehen von mehrstufigen Steuer- und Regelvorgängen, wofür besondere Schütze dienen, vereinigt man heute für Motoren mit unmittelbarer Einschaltung die Betätigung und den Schutz meist in einem Gerät.

Die Überlastbarkeit von Leitungen und Motoren kann man an Hand der Abb. 1 und 2 ableiten. Die Erwärmung der Kupferquerschnitte bei verschiedenen Überströmen erfolgt nach Abb. 1 mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung, die sich bekanntlich nach der Wärmezeitkonstanten T richtet. Aus den Erwärmungslinien der Abb. 1 kann man für eine bestimmte zulässige Erwärmung $\tau_{g\infty}$ die Zeiten entnehmen, die die verschiedenen Überströme bis zur Erreichung dieser Erwärmung andauern dürfen und damit die Kennlinie der zulässigen Überlastungen, die „Überstrom-Zeit-Kennlinie", in Abb. 2 aufzeichnen. Die zulässige Erwärmung $\tau_{g\infty}$ wird nach theoretisch unendlich langer Zeit bei dem höchsten dauernd zulässigen Strom, dem „Grenzstrom" I_g, erreicht. Die Zeitkonstante gibt einen Maßstab für die Verzögerung der Erwärmung und daher auch für die zulässige Überlastungsdauer. Sie gilt streng nur für die Erwärmungsgleichung von homogenen Körpern. Bei Motoren mit ihrer zweifachen Heizung durch die Verluste im Kupfer und Eisen innerhalb eines nur mittelbar geheizten Gehäuses kann man zur Beurteilung des ganzen Erwärmungsvorganges nicht mehr mit dem Begriff einer Zeit„konstante" arbeiten. Lediglich innerhalb kleiner Abschnitte erfolgt die Erwärmung nach einer Zeitkonstante, die jedoch über größere Abschnitte je nach Zeitdauer und Belastung verschieden sein kann. Der entsprechende Mittelwert heißt Zeitfaktor. Bei sehr hohen Überströmen wird die Wärme im Kupfer so rasch erzeugt, daß in der betrachteten kleinen Zeit nur ein unwesentlicher Teil abfließen kann und eigentlich nur der Zeitfaktor des Kupfers wirksam ist. Bei geringen Überströmen hingegen kann die Erwärmung erst nach längerer Zeit gefährlich werden. Inzwischen verteilt sich die Wärme über den ganzen Motor, so daß der Zeitfaktor größer wird. Je nach der Größe der Motoren beträgt ihr Zeitfaktor 20 min bis mehrere Stunden. Ein Schutzgerät schützt den Motor dann richtig, wenn seine Auslösekennlinien unterhalb der Überlastungskennlinie des Motors liegt, d. h. die Auslösung vor Eintreten einer unzulässigen Erwärmung erfolgt.

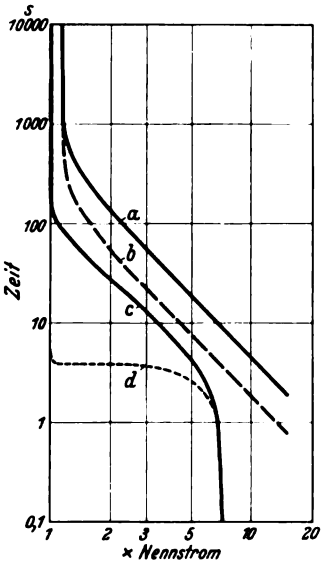
Die nach dem Kriege entwickelten Motorschutzschalter erhielten daher als Überstromschutz Wärmeauslöser, die vom Strom geheizt werden, sich infolge der Erwärmung entweder ausbiegen oder verlängern und dadurch den Schalter auslösen. Die ursprünglich verwendeten Hitzdrähte sind heute fast allgemein durch Bimetalle mit einer wesentlich höheren Kurzschlußfestigkeit ersetzt. Zwei aufeinander gewalzte Metalle mit verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten biegen sich bei Erwärmung aus und geben dadurch die gewünschte Auslösebewegung. Die Erwärmung erfolgt wieder nach Abb. 1, und die sich hieraus ergebende Überstrom-Zeit-Kennlinie nach Abb. 2 wird zur Auslösekennlinie, wenn man die Auslösetemperatur $= \tau_{g\infty}$ setzt. Die Wärmeauslöser werden mittelbar, unmittelbar oder transformatorisch geheizt. Die unmittelbar geheizten Bimetallauslöser erzeugen die Auslösewärme im Bimetall selbst; dadurch wird der Aufbau einfach und die Verzögerung bleibt klein bei hoher Kurzschlußfestigkeit. Mit mittelbar durch Heizwicklungen geheizten Wärmeauslösern erhält man eine größere Trägheit bei einer etwas geringeren Kurzschlußfestigkeit. Abb. 6 zeigt Motorschutz-Leistungsschalter mit transformatorisch geheizten Wärmeauslösern, bei welchen sich durch geeignete Wahl der Sättigung höchste Kurzschlußfestigkeit erreichen läßt (Anwendung bei großen Nennströmen). Die Trägheit der Wärmeauslöser wird durch die VDE-Leitsätze für Motorschutzschalter begrenzt. Ihr Grenzstrom muß zwischen 5 und 20 % Überstrom liegen. Für leichte Anläufe mit der Bezeichnung *T I* (*T* bedeutet Trägheit) sollen sie bei fünffachem Strom eine Verzögerung von mindestens 0,5 s und für schwere Anläufe mit der Bezeichnung *T II* beim 6fachen Strom eine Verzögerung von mindestens 5 s haben. Ferner soll aus betriebswarmem Zustand (Dauerlast mit Nennstrom) bei Belastungssteigerung auf 50 % Überlast die Auslösung innerhalb 2 min erfolgen. Entsprechend diesen Leitsätzen haben die heutigen Bimetallauslöser einen Zeitfaktor von etwa 1 bis 3 min und gestatten leichte bis mittelschwere Anläufe der Motoren.

Für besonders schwere Anläufe ist es meist nötig, die Anlaufbedingungen näher zu untersuchen. Man kann die Anlaufkennlinie eines Motors nicht ohne weiteres mit der Auslösekennlinie eines Wärmeauslösers vergleichen. Obwohl beides Strom-Zeit-Kurven sind, stellen sie doch verschiedene physikalische Vorgänge dar. Die Anlaufkennlinie eines Motors nach Abb. 3 gibt die Stromaufnahme des Motors zu einzelnen Zeitpunkten an, wäh-

*) Nach einem am 22. 5. 1936 in Berlin vor den VDE-Jungingenieuren gehaltenen Vortrage.

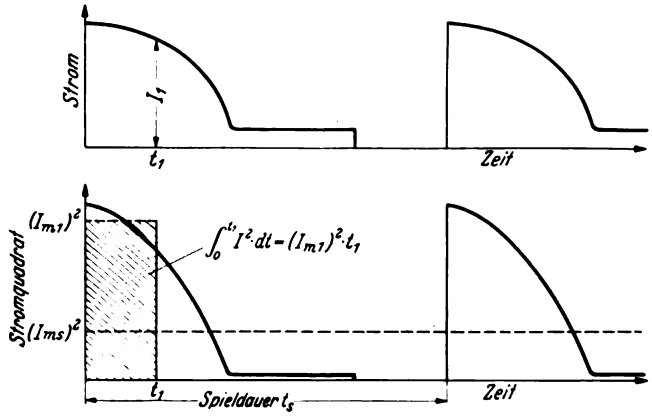
Digitized by Google

rend die Auslösekennlinie die Auslösezeiten aus kaltem oder betriebswarmem Zustand für verschiedene jeweils konstante Überströme enthält. Bei kurzzeitigen Vorgängen ist die Erwärmung des Motors und des Auslösers proportional der Stromwärme $\int i^2 \, dt$. Für jeden Zeitpunkt kann man einen quadratischen Mittelwert I_m bestimmen, der als konstanter Strom in derselben Zeit die gleiche Stromwärme erzeugen würde wie der Anlaufvorgang (vgl. Abb. 4). Die Linie der quadratischen Mittelwerte kann man nun in Abb. 3 mit der Auslösekennlinie vergleichen, da sie für jeden Augenblick angibt, welcher konstante Strom, ausgehend vom kalten oder betriebswarmen Zustand, bis zu diesem Augenblick die gleiche Erwärmung wie der Anlaufvorgang erzeugen würde. Wenn die Auslösekennlinie oberhalb liegt, spricht der Wärmeauslöser nicht an. Hierbei ist noch zu beachten, ob der Anlauf auch aus betriebswarmem Zustand erfolgen soll. Die Auslösekennlinie für Ausgang vom kalten Zustand hat größere Zeitverzögerungen wie die Kennlinie für betriebswarmen Zustand nach Vorbelastung mit Nennstrom, da bei Vorbelastung schon eine gewisse Erwärmung der Wärmeauslöser vorhanden ist und die Auslösezeit entsprechend verkürzt wird. Falls die Zeitverzögerung des Wärmeauslösers für den Anlaufvorgang nicht ausreicht, muß entweder ein anderer Auslöser mit größerer Verzögerung oder ein Auslöser mit etwas höherem Nennstrom verwendet werden.



a Auslösekennlinie aus kaltem Zustand
b Auslösekennlinie aus betriebswarmem Zustand nach Vorbelastung mit Nennstrom
c Linie der quadratischen Strommittelwerte I_m
d Anlaufkennlinie

Abb. 3. Auslösekennlinie und Motoranlaufvorgang.



Bestimmung der quadratischen Strommittelwerte I_m aus der Stromquadrat-Zeit-Fläche $\int I^2 \, dt$

Abb. 4. Motoranlaufvorgang und Aussetzbetrieb.

Für aussetzende Betriebe nach Abb. 4 wird zunächst der quadratische Strommittelwert I_{ms} über eine Spieldauer ausgerechnet, d. i. jener Strom, der bei Dauerbetrieb im Motor die gleiche Erwärmung erzeugen würde. Hierauf ist zu untersuchen, ob ein Wärmeauslöser, dessen Nennstrom gleich dem quadratischen Mittelwert ist, den Anlaufvorgang aushält. Gegebenenfalls müssen in besonders schweren Fällen Wärmeauslöser mit höheren Nennströmen verwendet werden. Dies ist kaum gefährlich, da bei Motoren für aussetzenden Betrieb ohnehin ein hochbelasteter Dauerbetrieb kaum möglich ist. Z. B. können Zentrifugen oder Kranmotoren nie dauernd durchlaufen. Einbau von Wärmeauslösern mit gleicher Trägheit, d. h. gleichem Zeitfaktor wie die Motoren, empfiehlt sich nicht, da dann ihre Abkühlung sehr lange dauern würde und die Warte- oder Wiedereinschaltzeit nach einem Ansprechen der Wärmeauslöser zu groß würde.

Die Raumtemperatur ist bei der Wahl der Wärmeauslöser noch zu berücksichtigen. Wärmeauslöser haben im allgemeinen eine Auslösetemperatur von 50 bis 150 ° C und werden normal für 20 ° Raumtemperatur geeicht. Bei höheren Raumtemperaturen wird der Grenzstrom, der die Auslöseerwärmung erzeugt, kleiner. Z. B. beträgt bei einer Auslösetemperatur von 70 ° C die Auslöseerwärmung 50 ° C bei 20 ° Raumtemperatur und nur noch 30 ° C bei 40 ° Raumtemperatur. D. h. bei höheren Raumtemperaturen haben die Wärmeauslöser kleinere Nennströme. Die Verringerung richtet sich jeweils nach der Auslösetemperatur der Bimetalle. Die Abhängigkeit der Wärmeauslöser ist bei wechselnden Raumtemperaturen erwünscht, da sich die Belastbarkeit der Motoren im selben Sinne ändert. Sie ist aber nicht erwünscht, wenn die Schalter in anderen Räumen als die Motoren untergebracht werden oder wenn die anormale Raumtemperatur (z. B. bei Tropenlieferungen) für die Bemessung der Motoren zugrundegelegt wurde. Größere Schaltgeräte erhalten oft ein besonderes Kompensations-Bimetall eingebaut, das sich bei Erwärmung durch höhere Raumtemperatur in entgegengesetzter Richtung wie die Wärmeauslöser ausbiegt, so daß die resultierende Ausbiegung von Wärmeauslösern und Kompensations-Bimetall unabhängig von Raumtemperaturänderungen wird. Kleinere Schaltgeräte werden für höhere Raumtemperaturen besonders geeicht.

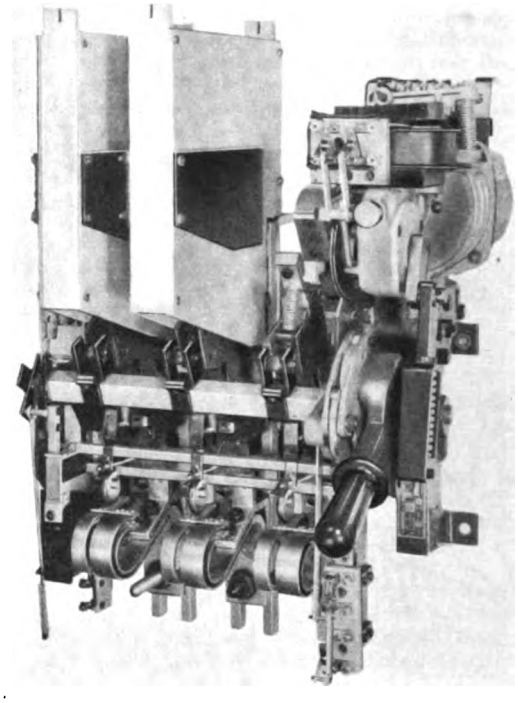


Abb. 5. Motorschutz-Leistungsschalter (350 A; 750 V) mit unmittelbar geheizten Bimetallen und Motor-Fernantrieb.

Der Kurzschlußschutz soll alle Ströme, die den Einschaltstrom der Motoren überschreiten, möglichst unverzögert unterbrechen. Während alle neuzeitlichen Geräte einen Überstromschutz gewähren, bestehen hier die zwei Möglichkeiten, entweder Leistungsschalter mit Wärmeauslösern und magnetischen Schnellauslösern oder einfache Schalter mit Wärmeauslösern und vorgeschalteten Sicherungen als Kurzschlußschutz zu verwenden. Über Leistungsschalter und ihre Bemessung wird gesondert in einer zweiten Arbeit noch berichtet werden. Für die Kombination einfacher Schalter mit Sicherungen sprechen eine Preisersparnis beim Schalter und die beträchtliche Kurzschlußleistung von neuzeitlichen Sicherungen. Bei einem Preisvergleich mit dem Leistungsschalter müssen jedoch

Digitized by Google

neben den reinen Schalterkosten noch die Kosten des Sicherungskastens, der Sicherungen und ihres Ersatzes nach jedem Kurzschluß und der größeren Betriebspausen nach Kurzschlüssen bis zum Wiedereinsetzen der Sicherungen berücksichtigt werden. Einen besseren Kurzschlußschutz bieten nur Sicherungen aus einer hochwertigen Fertigung und nur bei außerordentlich hohen Kurzschlußströmen, die in der weitaus größten Zahl aller Anlagen überhaupt nicht auftreten. In den meisten Fällen werden bei Berücksichtigung aller Kostenfaktoren Anlagen mit Leistungsschal-

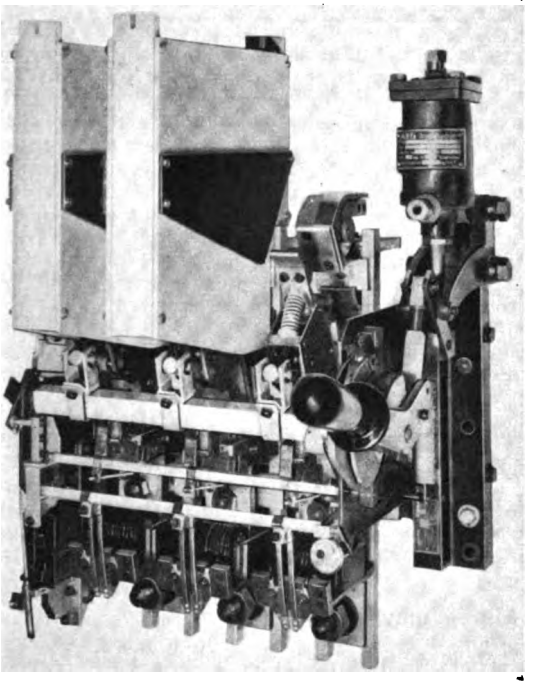


Abb. 6. Motorschutz-Leistungsschalter bis 600 A Nennstrom und 750 V Nennspannung. Mit magnetischen Schnellauslösern, transform. geheizten Bimetallauslösern, verzögerter Nullspannungsauslösung und Druckluftfernantrieb.

tern billiger oder zumindest nicht teurer kommen. Überdies wird der Aufbau der Anlagen einfacher, und die Abschaltung erfolgt stets allpolig, so daß Einphasenlauf vermieden wird. Die Ausrüstung von guten Schaltern mit Schnellauslösung und einer gewissen Schaltleistung hat bei größeren Schaltern über etwa 40 A Nennstrom keinen besonderen Einfluß mehr auf den Preis.

Der Nullspannungsschutz ist für größere Motoren wichtig, um nach einem Wegbleiben der Netzspannung unzulässige Anlaufstöße und Beschädigungen der Maschinen zu vermeiden. Bei verklinkten Schaltern wird ein Magnet vorgesehen, der bei Wegbleiben der Spannung abfällt und auslöst (Abb. 5, links unten). Bei größeren Motoren empfiehlt sich eine Verzögerung der Auslösung um wenige Sekunden mittels eines mechanischen Hemmwerkes, da ein nur kurzzeitiges Wegbleiben der Spannung ungefährlich ist (Abb. 6, links unten).

Der Antrieb erfolgt bei kleinen Schaltern im allgemeinen über Kniehebel, den die Wärme- und Schnellauslöser unmittelbar oder über Kraftspeicher ausschalten. Größere Schalter erhalten ein Schaltschloß (Abb. 5), d. i. eine verklinkbare Kupplung zwischen Antrieb und Schalterwelle. Die Entklinkung erfolgt durch die Hintereinanderschaltung mehrerer Klinken mit kleinen Auslösekräften. Der Fernantrieb der Schaltgeräte bringt den Vorteil, Schalter und Bedienung an den günstigsten Stellen anordnen zu können und eine zentrale Zusammenlegung der Schalter und dadurch Übersichtlichkeit, einfache Überwachung und Wartung zu ermöglichen. Die Bedienung ist von verschiedenen Stellen möglich, wodurch die Einricht- und Griffzeiten verkürzt werden. Bei kleineren Schaltern verwendet man als Fernantrieb Wechselstrom-Einschaltmagnete, bei größeren Gleichstrommagnete oder Drehstrommotoren (Abb. 5). Magnete sind billiger, haben aber größere Einschaltstöße als Motoren. In jüngster Zeit haben die Druckluftantriebe wegen ihres einfachen Aufbaues Verbreitung gefunden. Druckluft ist heute in allen größeren Anlagen vorhanden oder wird aus Flaschen entnommen. Für den Antrieb in Abb. 6 reicht eine 50 l-Flasche für mehrere tausend Schaltungen.

Die bis jetzt behandelten verklinkten Schalter haben in ihren Klinken hoch beanspruchte, der Abnutzung unterworfene Teile, deren Lebensdauer daher etwa 50 000 bis 100 000 Schaltungen aushält. Entsprechend dieser Lebensdauer werden die zugehörigen elektrischen Fernantriebe je nach Größe für höchstens 10 bis 30 Schaltungen/h ausgelegt. Unverklinkte Fernschalter sind die Schalter für große Schalthäufigkeiten und Lebensdauer. Die Kontakte werden durch einen einfachen Haltemagneten geschlossen, daher gibt es außer den Kontakten keine besonders abgenutzten Teile. Unter Öl läßt sich vorteilhaft eine hohe Schaltleistung und gute Kühlung des Haltemagneten erzielen. In Luft haben unverklinkte Fernschalter wohl einen geringeren Kontaktabbrand, die Magnete werden jedoch teurer und die Schaltleistung kleiner. Die Ölschalter sind heute mehr verbreitet wegen ihrer hohen Lebensdauer, der Möglichkeit einer Ferneinschaltung von beliebiger Stelle aus und gleichzeitigen Nullspannungsschutzes. Die Entwicklung des Motorschutzes geht immer mehr dahin, Fernschalter in einer zentralen Haupt- oder Unterverteilung zusammenzufassen.

Bei der Bemessung der Geräte für große Schalthäufigkeiten ist nicht nur der Motornennstrom, sondern noch viel mehr der Motoreinschaltstrom zu berücksichtigen. Die größte Beanspruchung der Kontakte tritt nämlich während des Einschaltvorganges von Drehstrommotoren auf, da hierbei kleine Prellungen Lichtbögen er-

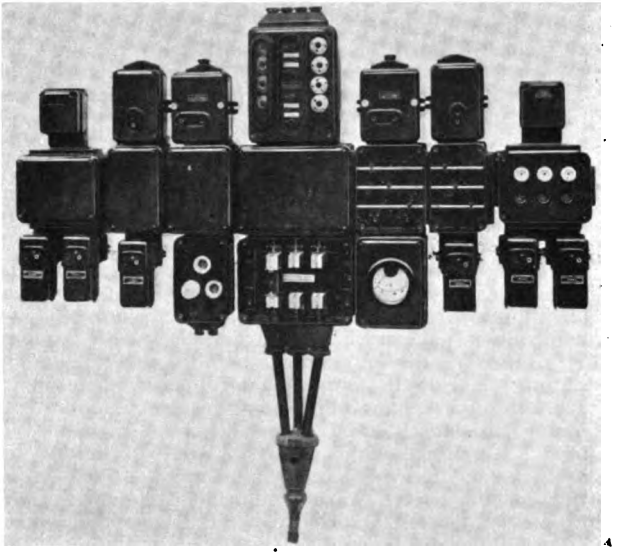


Abb. 7. Isolierstoffgekapselte Verteilungsanlage.

zeugen können. Die Einschaltströme von Motoren sind stark induktiv, und ihre Lichtbogen beanspruchen die Kontakte in stärkerem Ausmaße als ohmsche Ströme. Besonders bei großen Schalthäufigkeiten wird diese Beanspruchung wesentlich für die Bemessung des Gerätes. Die neueren Firmenlisten geben daher die je nach Schalthäufigkeit zulässigen Einschaltströme an. Die Nennströme der Schaltgeräte sind bei normalen Beanspruchungen den Motornennströmen gleich. Für schwierige Betriebs- und Anlaufbedingungen kann an der oberen Schalter-Nennstromgrenze die nächst höhere Schaltergröße notwendig werden.

Die Kapselung findet im Zusammenhang mit den zentral angeordneten Fernschaltern eine stetig steigende Verbreitung. Sie kann in Gußeisen-, Blech- oder Isolierstoffkästen erfolgen und bietet Schutz gegen Staub, Feuchtigkeit und chemische Einflüsse. Gußeisen erweist sich besonders robust gegen chemische Einflüsse und gestattet auch Aufstellung im Freien. Isolierstoff (Abb. 7) hat nicht immer die gleich hohe Festigkeit, schützt aber sicher vor gefährlichen Berührungsspannungen. Der Raumbedarf der gekapselten Anlagen ist wesentlich ge-

Digitized by Google

ringer als bei Schalttafeln. Die gekapselten Anlagen können bei Fernantrieb beliebig weit vom Motor in Werkstätten und Kellerräumen untergebracht werden und lassen sich auch leicht erweitern. Bei Fernantrieb durch Einschaltmagneten mit langen Steuerleitungen muß wegen des hohen Einschaltstromes der Spannungsabfall in den Steuerleitungen beachtet werden.

Überstromschutz durch Schmelzsicherungen ist, abgesehen von ihrer geringeren Wärmeträgheit, wegen ihres höheren Grenzstromes nicht möglich. Der Grenzstrom von Sicherungen wird nämlich zur Vermeidung einer unzulässigen Erwärmung bei Nennstrombelastung 30 bis 100 % über den Nennstrom gelegt. Selbst wenn es möglich ist, bei sehr leichten Anläufen den Nennstrom von sogenannten trägen Sicherungen gleich dem Motornennstrom zu wählen, wird der Motor daher nicht gegen Überströme, die kleiner als der Sicherungsgrenzstrom sind, geschützt. Ferner sprechen Sicherungen sowie einpolige Stöpselselbstschalter meist nicht allpolig an, so daß die Gefahr des einphasigen Weiterlaufens von Drehstrommotoren über nur zwei Zuleitungen besteht.

Der Leitungsschutz kann auf billige und einfache Art von Sicherungen übernommen werden. Die Errichtungsvorschriften des VDE schreiben für die einzelnen Leiterquerschnitte die Sicherungsnennströme so vor, daß bei Belastung mit dem Sicherungsgrenzstrom die Leitungen nicht gefährdet werden. Die Sicherungen schützen daher die Leitungen sowohl gegen Überlastung als auch gegen Kurzschlüsse. Die kurzzeitige Überlastbarkeit der Leitungen kann man mit neuzeitlichen trägen Sicherungen besser ausnutzen als mit den normalen. Der Zeitfaktor von Leitungen beträgt je nach ihrem Querschnitt etwa 5 bis 30 min. Bei Verwendung von Fernschaltern kann man den Schutz der Leitungen von der Hauptverteilung bis zum Motor an Stelle von Sicherungen dem Fernschalter mit übertragen und kommt oft zu kleineren Leitungsquerschnitten, da der Nennstrom der Sicherungen im Gegensatz zum Motorschutzschalter meist höher als der Motornennstrom gewählt werden muß.

Für den Schutz von Lichtstromkreisen dienen Sicherungen oder Kleinautomaten (sogenannte IS-Schalter — Installations-Selbstschalter) mit Wärme- und Schnellauslösern für Überstrom- und Kurzschlußschutz (Abb. 7, Mitte oben). Ihr Grenzstrom liegt meist, wie bei den Schmelzsicherungen, wesentlich über dem Nennstrom (besonders bei den Leitungsschutzautomaten).

Zusammenfassung.

Der Überstromschutz von Motoren erfolgt durch Motorschutzschalter mit Wärmeauslösern. Sicherungen genügen wegen ihres hohen Grenzstromes nicht. Zur Bestimmung der Wärmeauslöser für besonders schwere Anläufe und Aussetzbetriebe kann nicht die Anlaufkennlinie selbst mit der Auslösekennlinie verglichen werden, sondern nur die daraus abgeleitete Linie der quadratischen Strommittelwerte. Eine anormale Raumtemperatur ändert den Wärmeauslöser-Nennstrom und ist vorweg mit einzueichen oder durch Kompensations-Bimetalle auszugleichen. Der Kurzschlußschutz von Motoren erfolgt entweder durch Motorschutz-Leistungschalter oder durch einfache Motorschutzschalter und vorgeschaltete Sicherungen. Ein Preisvergleich muß neben den reinen Schalterkosten auch die Aufwendungen für den Sicherungseinbau und -ersatz berücksichtigen. Der Leitungsschutz erfolgt durch Sicherungen oder ferngesteuerte Motorschutz-Leistungsschalter. Die Gesichtspunkte für die Wahl des Antriebes, für die Wahl von verklinkten und unverklinkten Schaltern und für offenen oder gekapselten Einbau wurden dargelegt. Die Entwicklung des Motorschutzes führt zu gekapselten Fernschaltern in zentralen Haupt- und Unterverteilungen.

Dauerversuche mit verschraubten Aluminiumverbindungen.

621. 315. 53 : 621. 315. 687

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß sich Aluminium sehr gut zur Herstellung von elektrischen Leitungen eignet, wenn die besonderen Eigenschaften des Aluminiums bei der Ausführung der Anschluß- und Abzweigverbindungen besonders beim Übergang auf Kupfer genügend berücksichtigt werden. Um die Zweckmäßigkeit und Eignung der verschiedenen schon bekannten Verbindungsarten nachzuprüfen, wurden Versuche durchgeführt[1]). Ein Teil dieser Versuche befaßte sich mit der Beobachtung einer Reihe von verschiedenartig ausgeführten verschraubten Flachanschlüssen, sowie geklemmten und gelöteten Rundanschlüssen während einer Zeitspanne von 15 bzw. 7 Monaten. Während dieser Zeit wurden die Versuchsstücke, die im Freien aufgehängt und den Witterungseinflüssen ausgesetzt waren, sehr häufig abwechselnd durch Belastung mit Gleich- und Wechselstrom erwärmt und danach wieder abgekühlt. Die Veränderung der Übergangswiderstände an den Verbindungsstellen wurde durch Messung des bei einem bestimmten Belastungsstrom (Gleichstrom) auftretenden Spannungsabfalles zwischen festgelegten Meßpunkten aufgezeichnet. Zur besseren Beurteilung der Meßergebnisse wurde auch eine Kupferverbindung in die Versuchsreihe einbezogen. Entsprechend dem größeren Leitwert des Kupfers ist diese Verbindung mit einer geringeren Schienenbreite und einer kleineren Schraube als die Aluminiumverbindung ausgeführt worden.

Eine andere Versuchsreihe diente zur Feststellung des Einflusses der Schraubengröße und damit des Anpreßdruckes auf die Höhe und Beständigkeit des Übergangswiderstandes von Aluminiumschraubverbindungen. Auch wurden die zur Zeit bestehenden Regeln für die Bemessung der Überlappungslänge bei verschraubten Verbindungen durch Herstellung von Schraubverbindungen mit verschiedenen Schienen nachgeprüft. Über die Zweckmäßigkeit von federnden Zwischengliedern bei Aluminiumschraubverbindungen gab eine weitere Versuchsreihe Aufschluß, bei der eine größere Anzahl von Schienenverbindungen mit und ohne Federscheiben während 6 Monaten hinsichtlich der Beständigkeit der Übergangswiderstände beobachtet wurde.

Aus den Versuchsergebnissen lassen sich folgende Schlußfolgerungen für die Ausführung von Aluminiumverbindungen, insbesondere auch für den Übergang von Aluminium auf Kupfer ziehen:

1. Die Berührungsflächen müssen unmittelbar vor dem Zusammenschrauben oder Zusammenklemmen von der Oxydhaut befreit und gleichzeitig durch einen dünnen Überzug aus säurefreiem Fett vor dem Angriff des Luftsauerstoffes geschützt werden. Ein Verkupfern, Verzinnen usw. der Kontaktflächen, ferner das Aufstreichen von Kontaktpaste und die Zwischenlage von Al-Cu-Blech bringt keine Vorteile, vergrößert sogar meist den Übergangswiderstand und somit die Erwärmung.
2. Die Überlappungslänge und Klemmlänge muß groß genug gewählt werden. Bei Schienen soll die Überlappungslänge das 10fache der Schienendicke betragen oder gleich der Schienenbreite sein. Bei Rundanschlüssen soll die Klemmlänge möglichst groß, jedenfalls nicht unter dem $1\frac{1}{2}$fachen Leiterdurchmesser gewählt werden.
3. Der Anpreßdruck muß größer als bei Kupfer sein und mindestens 0,5 kg/mm² der Überlappungsfläche betragen. (Bei Rundanschlüssen Projektionsfläche.) Die Schrauben sind entsprechend zu wählen.
4. Bei Schraubverbindungen sind Federringe oder andere federnde Zwischenglieder zu verwenden.
5. Aluminiumoberflächen dürfen nicht unmittelbar, sondern nur über Beilagscheiben, Druckstücke oder Spannplatten den Schraubenkräften ausgesetzt werden.
6. Im Freien liegende Verbindungen sind durch einen Anstrich mit säurefreiem Lack vor dem Eindringen der Luftfeuchtigkeit zu schützen.
7. Verseilte Kabel sollen nach Möglichkeit an der Verbindungsstelle zu einem zylindrischen Schaft verschmolzen werden, andernfalls sind die Klemmstücke so auszubilden, daß die Einzeldrähte nicht ausweichen können. *Vb.*

[1] E. Metzger, AEG-Mitt. (1936) S. 306.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.
Ausschuß für Isolieröle.

Die in ETZ 56 (1935) S. 1135 veröffentlichte Fassung von

VDE 0370/1936 „Vorschriften für Schalter- und Transformatorenöle"

erhält eine Neufassung des § 7.

Der nachstehend veröffentlichte Wortlaut wurde vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und zum 1. November 1936 in Kraft gesetzt. Die alte Fassung des § 7 wurde zum gleichen Zeitpunkt außer Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Ausschuß für Isolieröle.

Änderung an VDE 0370

Vorschriften für Schalter- und Transformatorenöle.

(Gültig ab 1. November 1936)[1].

§ 7.

Zähigkeit.

Die Zähigkeit des Öles darf bei + 20 ° nicht über 61 cSt = 8 E, bei — 5 ° nicht über 380 cSt = 50 E sein. (Frühere zusätzliche Forderung: Stockpunkt nicht höher als — 15 °.)

Bei Schaltern, deren Kessel von der Außenluft umspült werden und die keine besondere Heizvorrichtung haben, darf die Zähigkeit des verwendeten Öles bei + 20 ° nicht über 61 cSt = 8 E, bei — 30 ° nicht über 3800 cSt = 500 E sein. (Frühere Forderung: Stockpunkt nicht höher als — 40 °.)

Für Öle, die in ölarmen Schaltern verwendet werden, sind bezüglich des Verhaltens in der Kälte besondere Vereinbarungen zu treffen.

Bezüglich der Umrechnung der kinematischen Zähigkeit (cSt) in dynamische Zähigkeit (cP) siehe Normblatt DIN DVM 3655.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

VDE 01250/1936.

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

(Schluß von S. 1199.)

B. Leitungen für Beleuchtungskörper.

§ 11.

Fassungsadern.

Verwendung: Für Installation nur in und an Beleuchtungskörpern; als Zuleitungen nicht zulässig.
Bezeichnung: NFA (UV).
Nennspannung 250 V.

Fassungsadern sind mit ein- oder mehrdrähtigen Kupferleitern von 0,75 mm² Nennquerschnitt als Einfach- und Mehrfachleitungen zulässig. Bei mehrdrähtigen Leitern besteht der Kupferleiter aus zusammengedrehten Drähten von höchstens 0,15 mm Durchmesser.

Der Kupferleiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle von 0,6 mm Wanddicke umgeben. Bei ungetränkten Fassungsadern ist über dem Gummi eine Beflechtung aus Kunstseide, Glanzgarn oder dgl., bei schwarz oder farbig getränkten Fassungsadern eine weitmaschige Beflechtung aus Baumwolle oder dgl. angebracht, die in geeigneter Weise getränkt ist und der Biegeprüfung nach § 6 genügen muß. Die Adern dürfen auch mehrfach verseilt sein.

Fassungsdoppeladern dürfen auch aus zwei nebeneinanderliegenden nackten Fassungsadern, die gemeinsam, wie oben angegeben, beflochten sind, bestehen.

Bei Fassungsadern für Spiraldrahtzüge (Wendeldrähte) NFSA (UV) besteht der Leiter aus einem Stahldraht von 0,32 mm Durchmesser und Kupferdrähten von 0,32 mm Durchmesser, die um den Stahldraht verseilt sind. Der Leiter ist mit Kunstseide oder dgl. besponnen. Falls Baumwolle verwendet wird, ist diese in offener Wendel mit 50 %-iger Bedeckung aufzubringen.

Die Fassungsadern müssen nach 1-stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25 ° während je ½ h eine Wechselspannung von 1 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und umgebendem Wasser aushalten. Die Prüfung ist an 5 m langen Stücken vorzunehmen.

§ 12.

Pendelschnüre.

Verwendung: Zur Verwendung als Träger von Beleuchtungskörpern, z. B. Schnur- und Zugpendeln.
Bezeichnung: NPL (UV) Einfachpendelschnüre.
NPLR (UV) Zweifachpendelschnüre rund.
Nennspannung 250 V.

Pendelschnüre sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern von 0,75 mm² Nennquerschnitt als Einfach- und Zweifachleitungen zulässig. Der Leiter besteht aus zusammengedrehten Drähten von höchstens 0,15 mm Durchmesser. Der Leiter ist mit Kunstseide oder dgl. besponnen. Falls Baumwolle verwendet wird, ist diese in offener Wendel mit 50 %-iger Bedeckung aufzubringen. Darüber ist eine vulkanisierte Gummihülle von 0,6 mm Wanddicke aufgebracht. Zwei Adern sind mit einer Tragschnur oder einem Tragseil zu verseilen; die verseilten Adern sind mit Ausfüllstoffen aus Kunst- oder Mischfaser umgeben und gemeinsam mit Kunstseide, Glanzgarn oder dgl. beflochten. Die Tragschnur oder das Tragseil darf auch doppelt zu beiden Seiten der Adern angeordnet sein. Wenn das Tragseil aus Metall hergestellt ist, muß es besponnen oder beflochten sein.

Bei Einfach-Pendelschnüren ist eine Ader mit parallel gelegter Tragschnur beflochten.

Die Pendelschnüre müssen so biegsam sein, daß Einfachschnüre um Rollen von 25 mm Durchmesser und Zweifachschnüre um Rollen von 35 mm Durchmesser ohne Nachteil geführt werden können.

Die Pendelschnüre müssen nach 1-stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25 ° während je ½ h eine Wechselspannung von 1 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und umgebendem Wasser aushalten. Die Prüfung ist an 5 m langen Stücken vorzunehmen.

C. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher.

§ 13.

Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre).

Verwendung: In trockenen Räumen.
Bezeichnung: NSA (UV).
Nennspannung 250 V.

Gummiaderschnüre sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 0,75 bis 6 mm² als Einfach- und Mehrfachleitungen zulässig. Der Durchmesser der Einzeldrähte darf bei 0,75 mm² höchstens 0,15 mm, bei 1 mm² höchstens 0,20 mm, bei 1,5 und 2,5 mm² höchstens 0,25 mm sein. Die Einzeldrähte sind zusammengedreht und mit Kunstseide oder dgl. umsponnen. Falls Baumwolle verwendet wird, ist diese in offener Wendel mit 50 %-iger Bedeckung aufzubringen. Für die Nennquerschnitte von 4 bis 6 mm² ist der Leiter aus Drähten von höchstens 0,3 mm Durchmesser verseilt; die Bespinnung fällt fort. Über dem Leiter ist eine vulkanisierte Gummihülle in der Wanddicke der NGA (UV)-Leitungen

[1] Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE am 1. X. 1936.

Digitized by Google

(§ 6) aufgebracht; für die Nennquerschnitte von 0,75 mm² und 1 mm² muß die Wanddicke 0,8 mm sein. Einadrige Gummiaderschnüre erhalten über der Gummihülle eine Beflechtung aus Kunstseide, Glanzgarn oder dgl.

Mehrfachschnüre in runder Ausführung bestehen aus mehreren miteinander verseilten nackten Adern, die mit Ausfüllmaterial aus Kunst- oder Mischfaser umgeben und mit einer gemeinsamen Beflechtung aus Kunstseide, Glanzgarn oder dgl. versehen sind. Zur Aufnahme von Zugbeanspruchungen darf eine Tragschnur mit verseilt sein.

Mehrfachschnüre in flacher Ausführung sind nur als Zweifachschnüre in den Nennquerschnitten 1 und 1,5 mm² zulässig. Sie bestehen aus 2 nebeneinander liegenden nackten Adern, die gemeinsam, wie oben, beflochten sind.

Mehrfachschnüre ohne gemeinsame Beflechtung sind unzulässig.

Für die Spannungsprüfung gelten die Bestimmungen für Gummiaderleitungen.

§ 14.

Werkstattschnüre.

§ 14 von VDE 0250/1934 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L." wird außer Kraft gesetzt.

§ 14 A.

Besonders leichte Gummischlauchleitungen mit äußerer Beflechtung.

Verwendung: Für kleine Stromverbraucher (Elektrouhren, Tischlampen, Rundfunkgeräte, Handgeräte für geringe mechanische Beanspruchungen).
Bezeichnung: NLG (UV).
Nennspannung 250 V.

Gummischlauchleitung NLG (UV) ist mit mehrdrähtigem Kupferleiter nur mit dem Nennquerschnitt von 0,75 mm² und nur als Zweifachleitung zulässig. Der Kupferleiter besteht aus zusammengedrehten Drähten von höchstens 0,15 mm Durchmesser. Der Kupferleiter ist mit Kunstseide oder dgl. besponnen; falls Baumwolle verwendet wird, ist diese in offener Wendel mit 50 %-iger Deckung aufzubringen; darüber ist eine vulkanisierte Gummihülle von 0,4 mm Wanddicke aufgebracht.

Zwei solcher Adern sind verseilt und mit Gummi so umpreßt, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind. Der Gummimantel muß 0,6 mm dick sein. Die Gummiadern dürfen mit dem gemeinsamen Gummimantel nicht fest verbunden sein. Die zum Ausfüllen der Hohlräume und für den gemeinsamen Gummimantel verwendete Gummimischung muß den Bestimmungen von § 3 entsprechen.

Über dem gemeinsamen Gummimantel muß eine Beflechtung aus Kunstseide oder dgl. aufgebracht sein.

§ 15.

Leichte Gummischlauchleitungen ohne äußere Beflechtung.

Verwendung: Zum Anschluß von leichten Hand- und Elektrowärmegeräten.
Bezeichnung: NLH (UV).
Nennspannung 250 V.

Gummischlauchleitungen NLH (UV) sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 0,75 mm² als Zweifach-, Dreifach- und Vierfachleitungen zulässig. Der Kupferleiter besteht aus zusammengedrehten Drähten von höchstens 0,15 mm Durchmesser. Der Kupferleiter ist mit Kunstseide oder dgl. besponnen. Falls Baumwolle verwendet wird, ist diese in offener Wendel mit 50 %-iger Deckung aufzubringen; darüber ist eine vulkanisierte Gummihülle von 0,5 mm Wanddicke aufgebracht.

Zwei oder mehrere solcher Adern sind verseilt und mit Gummi so umpreßt, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind. Der Gummimantel muß 0,8 mm dick sein. Die Gummiadern dürfen mit dem gemeinsamen Gummimantel nicht fest verbunden sein. Die zum Ausfüllen der Hohlräume und für den gemeinsamen Gummimantel verwendete Gummimischung muß den Bestimmungen von § 3 entsprechen.

§ 16.

Mittlere Gummischlauchleitungen.

Verwendung: Zum Anschluß von Küchen- und kleinen Werkstattgeräten (größeren Wasserkochern, Heizplatten, Handbohrmaschinen, Handleuchtern usw.).
Bezeichnung: NMH (UV).
Nennspannung 250 V.

Gummischlauchleitungen NMH (UV) sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 0,75 bis 4 mm² als Einfach-, Zweifach-, Dreifach- und Vierfachleitungen zulässig. Bauart und Abmessungen der Gummiadern sind die gleichen wie bei den Gummiaderschnüren (§ 13). Der weitere Aufbau der Leitungen und die Beschaffenheit des gemeinsamen Gummimantels entspricht den Bestimmungen für NLH (UV)-Leitungen (§ 15).

Für die Wanddicke der Gummimäntel gilt Tafel VII in § 17.

§ 17.

Starke Gummischlauchleitungen.

Verwendung: Für besonders hohe mechanische Anforderungen (schwere Werkzeuge, fahrbare Motoren, landwirtschaftliche Geräte usw.[2]).
Bezeichnung: NSH (UV).
Nennspannung 750 V.

Gummischlauchleitungen NSH (UV) sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 70 mm² als Einfach-, Zweifach-, Dreifach- und Vierfachleitungen zulässig. Für Leiter und Bespinnung gelten die Vorschriften für Gummiaderschnüre (§ 13), jedoch ist bei Nennquerschnitten über 6 mm² die Verwendung von Drähten bis zu 0,4 mm Durchmesser zulässig.

Der Kupferleiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben, die mit gummiertem gewebten Band bewickelt ist, deren Wanddicke den Werten in Tafel VII entspricht.

Bei einadrigen Leitungen ist diese Ader mit einem Gummimantel umpreßt.

Bei 2- und mehradrigen Leitungen sind die Adern verseilt und mit einem alle Hohlräume ausfüllenden Gummimantel umpreßt. Über diesen inneren Gummimantel ist ein gewebtes Band gewickelt und hierüber ein äußerer Gummimantel aufgebracht. Die Gummiadern dürfen mit dem gemeinsamen Gummimantel nicht fest verbunden sein, das Gleiche gilt für die beiden Gummimäntel. Die zum Ausfüllen der Hohlräume und für den gemeinsamen Gummimantel verwendete Gummimischung muß den Bestimmungen des § 3 entsprechen.

Die Wanddicken der Gummimäntel müssen bei NMH (UV)- und NSH (UV)-Leitungen den Werten der Tafel VII entsprechen.

Tafel VII.

1	2	3	4	5	6
	Wanddicke der Gummimäntel				
Kupfer-Nennquerschnitt	NMH (UV)		NSH (UV)		
				Mehradrig	
	einadrig	mehradrig	einadrig	Innenmantel	Außenmantel
mm²	mm	mm	mm	mm	mm
0,75	0,8	0,8	—	—	—
1	1	1	—	—	—
1,5	1	1,2	2,2	1	1,6
2,5	1	1,5	2,2	1,2	2
4	1,2	1,5	2,2	1,2	2
6	—	—	2,2	1,2	2
10	—	—	2,7	1,4	2,2
16	—	—	2,7	1,5	2,5
25	—	—	3,2	1,6	2,8
35	—	—	3,2	1,8	2,8
50	—	—	3,6	2	3,2
70	—	—	3,6	2	3,2

Für die äußeren Durchmesser der Gummischlauchleitungen gilt Tafel VIII.

Sind in Gummischlauchleitungen Schutzleitungen erforderlich, so sind bei Leitungen bis 10 mm² Querschnitt solche mit der nächst höheren Aderzahl zu verwenden, also z. B. für eine zweiadrige Leitung mit Schutzleitung die dreiadrige, für eine dreiadrige Leitung mit Schutzleitung die vieradrige. Für stärkere Querschnitte gelten die Nennquerschnitte der Tafel VIII a.

Die äußeren Durchmesser der Zweifach- und Dreifachleitungen mit Schutzleitung sind die gleichen wie die der Dreifach- und Vierfachleitungen ohne solche.

Für die Spannungsprüfung von Gummischlauchleitungen gelten die Bestimmungen für Gummiaderleitungen (§ 6); NSH (UV)-Leitungen sind mit 3 kV Wechselspannung zu prüfen.

[2]) Gummischlauchleitungen NSH (UV) sind in Bergwerken unter Tage auch zur festen Verlegung zulässig (siehe §§ 21, 31 und 41 von VDE 0100/1934 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1.").

Digitized by Google

Tafel VIII.

Außendurchmesser der Gummischlauchleitungen.

1	2	3	1	3
Kupfer-Nennquerschnitt mm²	NMH (UV) etwa mm	NSH (UV) etwa mm	Kupferquerschnitt mm²	NSH (UV) etwa mm
1×0,75	4,5	—	1×10	13,5
2×0,75	7,5	—	2×10	24
3×0,75	8	—	3×10	25
4×0,75	9	—	4×10	27
1×1	5	—	1×16	14,5
2×1	8,5	—	2×16	27
3×1	9	—	3×16	28
4×1	9,5	—	4×16	30
1×1,5	5,5	8,5	1×25	17,5
2×1,5	9,5	13,5	2×25	31
3×1,5	10	14,5	3×25	33
4×1,5	11	15,5	4×25	36
1×2,5	6,5	9	1×35	19,5
2×2,5	12	16	2×35	35
3×2,5	12,5	17	3×35	37
4×2,5	13,5	18	4×35	40
1×4	7	10	1×50	22
2×4	12,5	17,5	2×50	41
3×4	13	18	3×50	43
4×4	14	19,5	4×50	47
1×6	—	11	1×70	24
2×6	—	20	2×70	44
3×6	—	21	3×70	47
4×6	—	22	4×70	51

Tafel VIII a.

Kupfer-Nennquerschnitt mm²	Nennquerschnitt der Schutzleitung mm²
16	10
25	10
35	10
50	16
70	25

§ 18.

Sonderschnüre.

§ 18 von VDE 0250/1934 wird außer Kraft gesetzt.

§ 19.

Hochspannungsschnüre.

§ 19 von VDE 0250/1934 wird außer Kraft gesetzt.

§ 20.

Aufzugsteuerleitungen.

Verwendung: Für Innenräume.
Bezeichnung: NFL (UV).
Nennspannung 750 V.
Verwendung: Für Installationen im Freien.
Bezeichnung: NFLG (UV).
Nennspannung 750 V.

Aufzugsteuerleitungen sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Querschnitten von 1,5 mm² zulässig. Der Kupferleiter besteht aus Drähten von höchstens 0,15 mm Durchmesser. Er ist mit Baumwolle dicht besponnen und mit einer vulkanisierten Gummihülle von 1,2 mm Wanddicke umgeben. Die Gummihülle, die den Bestimmungen von § 3 entsprechen muß, ist mit gummiertem Band bewickelt und mit Baumwolle in verschiedenen Farben beflochten. Bei zweiadrigen Leitungen sind die Adern mit einem Jutekern, der eine starke Hanfkordel als Tragorgan enthält, verseilt; vieladrige Leitungen sind in einer Lage um den Jutekern herum verseilt. Die verseilten Adern sind mit getränktem Baumwollband ohne Überlappung umwickelt. Hierüber sind 2 Beflechtungen aus Faserstoff (Baumwolle, Jute, Hanf oder gleichwertigen Stoffen) aufgebracht, von denen die äußere in geeigneter Weise getränkt ist. Diese darf auch durch eine nicht getränkte Beflechtung aus starkem Glanzgarn ersetzt sein.

Die Ausführung NFLG (UV) erhält über der um den Jutekern verseilten Ader ein gummiertes Band und darüber einen Gummimantel entsprechend § 3 von 1,5 mm Dicke. Hierüber ist eine in geeigneter Weise getränkte Beflechtung aus Faserstoff (Baumwolle, Jute, Hanf oder gleichwertigen Stoffen) oder eine nicht getränkte Beflechtung aus starkem Glanzgarn aufgebracht.

Für die Spannungsprüfung gelten die Bestimmungen für Gummiaderleitungen (§ 6).

§ 21.

Biegsame Theaterleitungen.

Verwendung: Zum Anschluß beweglicher Bühnenbeleuchtungskörper.
Bezeichnung: NTK (UV) (für Soffittenleitungen), NTSK (UV) (für Versatzleitungen).
Nennspannung 250 V.

Biegsame Theaterleitungen [Bezeichnung: NTK (UV)] sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 2,5 mm² an als Mehrfachleitungen zulässig. Die Bauart der Kupferleiter entspricht den Vorschriften für Gummiaderschnüre (§ 13), jedoch ist bei Nennquerschnitten über 6 mm² die Verwendung von Drähten bis zu 0,4 mm Durchmesser zulässig. Die Einzeldrähte sind zusammengedreht. Bei dem Querschnitt 2,5 mm² ist der Leiter mit Baumwolle dicht besponnen. Die Gummihülle der einzelnen Adern muß bezüglich Bauart und Wanddicke der Gummihülle der Sondergummiaderleitungen (§ 7) für 2 kV entsprechen. Die Gummihülle ist mit gummiertem Baumwollband bewickelt. Zwei oder mehrere solcher Adern sind unter Verwendung von Jute rund verseilt, mit getränktem Baumwollband bewickelt und mit einer dichten Beflechtung aus Jute versehen. Hierüber ist eine Beflechtung aus dickem Glanzgarn aufgebracht.

Bei Versatzleitung [Bezeichnung: NTSK (UV)] ist an Stelle der Glanzgarnbeflechtung eine Umhüllung aus Segeltuch vorgesehen.

Die Theaterleitungen müssen in trockenem Zustande während ½ h eine Wechselspannung von 4 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern aushalten.

§ 22.

Leitungstrossen.

Verwendung: Für besonders hohe mechanische Anforderungen bei beliebigen Betriebsspannungen.
Bezeichnung: NT (UV).

Leitungstrossen sind bewegliche Leitungen für solche Anwendungsgebiete, in denen sie besonders hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind und betriebsmäßig ein häufiges Auf- und Abwickeln aushalten müssen.

Sie sind nur mit mehrdrähtigen Kupferleitern in den Nennquerschnitten von 2,5 bis 150 mm² als Einfach- und Mehrfachleitungen zulässig. Der Kupferleiter besteht aus Drähten von nicht mehr als 0,7 mm Durchmesser. Bei Querschnitten über 10 mm² muß der Leiter mehrlitzig sein. Der Drall darf bei einzelnen Litzen nicht mehr als das 12- bis 15-fache des Litzendurchmessers, der Drall bei mehrlitzigen Leitern nicht mehr als das 11-fache des Gesamtdurchmessers sein.

Die Isolierung der Adern muß in Leitungstrossen für Betriebsspannungen bis 250 V mit der der NGA (UV)-Leitungen (§ 6), in Trossen für Anlagen mit höheren Betriebsspannungen der der NSGA (UV)-Leitungen (§ 7) für die gleiche Spannung entsprechen, jedoch muß in allen Fällen die Mindestwanddicke der Gummihülle 1,5 mm sein. Die Gummihülle der einzelnen Adern, die den Bestimmungen von § 3 entsprechen muß, ist mit gummiertem Baumwollband bewickelt.

Leitungstrossen sind mit einer, bei Mehrfachleitungen gemeinsamen Umhüllung oder Bewehrung versehen, die hinreichend biegsam und so widerstandsfähig sein muß, daß sie bei der vorgesehenen Beanspruchung keine mechanische Verletzung erleidet. Eine Beflechtung mit Drähten von weniger als 0,5 mm Durchmesser ist nicht zulässig. Bei selbsttragenden Leitungstrossen sind entweder Tragseile eingelegt oder die Bewehrung wird als Träger verwendet. Tragseile müssen aus Einzeldrähten von höchstens 0,7 mm Durchmesser verseilt sein. Die Strom führenden Leiter selbst dürfen nicht als tragende Teile in Rechnung gesetzt werden. Die tragenden Seile müssen so bemessen sein, daß das Gesamtgewicht der freihängenden Leitung und der daran hängenden Teile mit 5-facher Sicherheit getragen werden kann; Leitungstrossen sind so zu gestalten oder anzuordnen, daß sich die freihängende Trosse nicht durch Aufdrehen verändern kann.

Unterhalb der Umhüllung oder Bewehrung ist ein Schutzpolster aus feuchtigkeitssicherem Stoff angebracht, dessen Dicke der halben Wanddicke der Gummihülle der einzelnen Adern gleich sein soll, mindestens aber 1 mm

Digitized by Google

sein muß. Mit einer gleich dicken Hülle aus feuchtigkeitssicherem Stoff sind die Tragseile umgeben.

In Leitungstrossen mit Schutzleitung muß diese aus verzinntem Kupfer bestehen. Die Schutzleitung muß den gleichen Querschnitt wie die Strom führenden Leiter haben, braucht jedoch nicht größer als 50 mm² zu sein.

Bei Betriebsspannungen von mehr als 250 V sind Prüfdrähte unzulässig.

Für die Prüfung der Leitungstrossen gelten die Vorschriften für NGA (UV)- und NSGA (UV)-Leitungen (§§ 6 und 7), wobei als Nennspannung stets die Spannung zwischen zwei Adern anzusehen ist.

III. Belastungstafel für gummiisolierte Leitungen.

§ 23.

Tafel IX.

1	2	3	1	2	3
Nennquerschnitt mm²	Höchste dauernd zulässige Stromstärke*) für jeden Leiter Kupferleiter A	Aluminiumleiter A	Nennquerschnitt mm²	Höchste dauernd zulässige Stromstärke*) für jeden Leiter Kupferleiter A	Aluminiumleiter A
0,75	9	—	70	200	160
1	11	—	95	240	190
			120	280	225
1,5	14	—	150	325	260
2,5	20	—	185	380	305
4	25	—	240	450	360
6	31	—	300	525	420
10	43	34	400	640	510
16	75	60	500	760	610
25	100	80	625	880	705
35	125	100	800	1050	840
50	160	125	1000	1250	1000

*) Bei Auswahl der Sicherung ist § 20 von VDE 0100/1934 zu beachten.

Bei aussetzendem Betriebe ist eine zeitweilige Erhöhung der Belastung über die Werte in Tafel IX zulässig, sofern dadurch keine größere Enderwärmung als bei der der Belastungstafel entsprechenden Dauerbelastung entsteht.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:

Blendermann

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein e. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus. Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885. Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Besichtigung.

Am Sonnabend, dem 24. Oktober 1936, findet eine Besichtigung des Hochleistungsprüffeldes im Abspannwerk Scharnhorst der Berliner Kraft- und Licht-Aktiengesellschaft (Bewag), Berlin N, Sellerstr. 16, statt.

Näheres ist aus den VDE-Mitteilungen (Nr. 11) vom 14. 10. 1936 zu ersehen.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18⁰⁰ im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstr. 33 IV, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.

21. 10. 1936 „Messungen an Strom- und Spannungswandlern", Vortragender: Dr. L. Mollwo VDE.

Theoretische Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

22. 10. 1936 „Übersicht über den heutigen Stand des Erdschlußschutzes", Vortragender: Dr.-Ing. H. Titze VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.

23. 10. 1936 „Die Bedeutung des Wasserkraftausbaues im Rahmen der deutschen Energiewirtschaft", Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner.

Vortragsreihe.

Der VDE Gau Berlin-Brandenburg veranstaltet in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule eine Vortragsreihe über das Thema:

„Fernsehen".

Vortragsfolge:

1. Vortrag (26. 10. 1936): „Übersicht über Entwicklung und Stand des Fernsehens" (mit Vorführungen). Oberpostrat Dr. F. Banneitz VDE.

Inhalt: Grundsätzliche Probleme. Entwicklungsgeschichte bis zum Kathodenstrahlsender. Heutiger Stand (Rundfunk, Gegensehen, Drahtfernsehen).

2. Vortrag (2. 11. 1936): „Physikalische Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen der Fernsehübertragung" (mit Vorführungen). Professor Dr. F. Schröter.

Inhalt: Frequenzband und Helligkeit, Umsatz des Lichtstromes, Lichtsteuerung, Synchronisiergenauigkeit, Verstärkung und Übertragung, Grenzanforderungen.

3. Vortrag (9. 11. 1936): „Mechanische Bildfeldzerleger und ihre Synchronisierung" (mit Vorführungen). Dr. R. Möller.

Inhalt: Lochblenden, Linsen, Prismen, Spiegel, Kommutierte Zellenraster, Filmzerlegung. Die quantitativen Gesetze. Personenabtaster, Bühnenabtaster.

4. Vortrag (16. 11. 1936): „Geometrische Elektronenoptik" (mit Vorführungen). Dr. E. Brüche.

Inhalt: Gesetze der statischen und der magnetischen Elektronenlinsen. Abbildungsgüte, Linsenfehler, Bildwandler.

5. Vortrag (23. 11. 1936): „Die Kathodenstrahlröhren in Fernseh-Sendung und -Empfang" (mit Vorführungen). Dr. M. Knoll.

Inhalt: Braunsche Kathodenstrahlröhre. Knotenstrahlen. Hochvakuumröhre. Bündelung. Das Elektrodensystem. Helligkeitssteuerung. Ablenkung. Der Leuchtschirm. Projektionsröhre. Kathodenstrahl-Senderöhre.

6. Vortrag (30. 11. 1936): „Die Fernsehsendung" (mit Vorführungen). Dipl.-Ing. W. Buschbeck.

Inhalt: Die drahtlose Sendung. Ultrakurzwellentechnik. Ultrakurzwellen-Hochleistungssender und -röhren. Kabel- und Draht-Fernsehen.

7. Vortrag (7. 12. 1936): „Der Fernsehempfang" (mit Vorführungen). M. v. Ardenne VDE.

Inhalt: Überlagerungsempfang. Notwendige Feldstärke. Störspiegel. Aufbauprinzipien des Empfängers mit Braunscher Röhre. Verstärkerfragen.

8. Vortrag (14. 12. 1936): „Das Großbildproblem beim Fernsehen" (mit Vorführungen). Professor Dr. A. Karolus VDE.

Inhalt: Erreichbare Bildgröße als Funktion der Zeilenzahl. Mehrkanalverfahren. Umformung der Einkanalsendung. Zwischenfilmverfahren. Vielzellentafel. Fernkino. Speicherung.

Zeit: Montag, abends pünktlich 18³⁰ bis 20⁰⁰.

Ort: Neues Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, Großer Hörsaal, Charlottenburg, Kurfürstenallee.

Teilnehmerkarten sind erhältlich:

a) beim VDE Gau Berlin-Brandenburg, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 IV, Postscheckkonto Berlin 133 02,

b) in der Technischen Hochschule, Zimmer 235 (Hauptgebäude).

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

a) für Mitglieder des VDE und anderer RTA-Vereine . . . . . 8 RM

b) für Studenten . . . . . 4 RM

c) für andere Teilnehmer . . . . . 12 RM

Karten für einzelne Vorträge werden nicht ausgegeben. Kleiderablage frei!

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Der Geschäftsführer:

Burghoff

Digitized by Google

Sitzungskalender.

Gau Bergisch-Land, Wuppertal. 20. 10. (Di), 20^{00}, „Saal der Technik", Wuppertal-Elberfeld: „Die Wunder der unsichtbaren Lichtstrahlen, Infrarot-Ultraviolett" (m. Versuchen u. Lichtb.). Dr. G. Wichern.

Gau Düsseldorf. 22. 10. (Do), 20^{00}, „Gesellschaft Verein": „Die Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung in Industrieanlagen" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Saatmann.

Gau Köln. 23. 10. (Fr), 20^{00}, Lese-Gesellschaft: „Festigkeits- und Verschleißfragen im Niederspannungs-Schaltgerätebau". Obering. Franken VDE.

Gau Magdeburg. 20. 10. (Di), 20^{15}, Festsaal der Ver. Techn. Staatslehranst.: „Erdung von Hochspannungsanlagen". Obering. Koch.

Gau Mittelbaden, Karlsruhe. 16. 10. (Fr), T. H. Elektrot. Inst.: „Turbinen für höchste Drücke und höchste Temperaturen" (m. Lichtb.). Obering. H. Mayer.

Gau Niedersachsen, Hannover. 20. 10. (Di), 20^{15}, T. H.: „Anpassung der Arbeitsplatzbeleuchtung an besondere Arbeitsvorgänge". Dipl.-Ing. Kircher VDE.

Gau Nordhessen, Kassel. 23. 10. (Fr), 20^{00}, Hess. Landesmuseum: „Neuzeitliche Auf- und Unterputzinstallation und ihre Sicherungstechnik" (m. Lichtb.). Ing. Naujoks VDE.

Gau Nordsachsen, Leipzig. 21. 10. (Mi), 20^{00}, Grassimuseum: 1. „Gutes Licht — Gute Arbeit". Dipl.-Ing. R. Voigt VDE. 2. „Energiewirtschaft und Kraftverkehr — neue Wege durch Elektrofahrzeuge" (m. Lichtb. u. Film). Dipl.-Ing. Blume.

Gau Oberschlesien, Hindenburg. 20. 10. (Di), 17^{00}, Donnersmarckhütte: „Lichtelektrische Schutz- und Steuerverfahren". Obering. Voigt.

Gau Südsachsen, Chemnitz. 20. 10. (Di), 20^{00}, Festsaal der Staatl. Akademie für Technik: „Wehrtechn. Fragen auf dem Gebiete der Elektrotechnik". Ziv.-Ing. M. Krieger.

Gau Südsachsen, Zwickau. 23. 10. (Fr), 20^{00}, Gaststätte „Greif", Adolf-Hitler-Ring: „Das Energiewirtschaftsgesetz und seine Auswirkungen". Gauamtsleiter Dir. Böttger.

Gau Thüringen, Erfurt. 16. 10. (Fr), 20^{00}, Münchener Bürgerbräu: „Rohstofffragen in der Elektrotechnik" (m. Lichtb.). Obering. W. Wunder VDE.

Gau Württemberg, Stuttgart. 22. 10. (Do), 20^{00}, T. H. Elektrot. Inst.: „Elektr. Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen". Gewerberat Dipl.-Ing. Irion VDE.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

M. Kloss. — Herr Prof. Dr.-Ing. Max Kloss VDE konnte am 8. 10. auf eine 25jährige Tätigkeit als Ordinarius für Elektromaschinenbau an der T. H. Berlin zurückblicken. Nach dem Studium an der T. H. Dresden war er zunächst bei der AEG tätig und trat, seinen theoretischen Neigungen folgend, im Jahre 1900 bei Siemens & Halske in das Berechnungsbüro für Wechselstrommaschinen ein. 1902 erwarb er sich als einer der ersten die Doktoringenieur-Würde an der T. H. Dresden mit einer Arbeit über die Durchbiegung von Wellen in Drehstrommotoren.

M. Kloss.

Anfang 1904 ging er zur englischen Tochtergesellschaft Siemens Brothers nach Stafford, wurde 1907 zum Chefelektriker der Siemens-Brothers Dynamo Works ernannt und leitete vier Jahre die Rechnungs- und Konstruktionsabteilungen sowie die Prüffelder des englischen Hauses Siemens. Im Oktober 1911 folgte er einem Ruf auf den Lehrstuhl für Elektromaschinenbau der T. H. Berlin, der ihm endlich Gelegenheit gab, seine in der Praxis oftmals gezeigte Lehrbegabung in weiterem Kreise zu entfalten. Diese Begabung zeigen auch seine Veröffentlichungen, in denen er verwickelte und umstrittene Fragen leichtverständlich, aber doch streng wissenschaftlich darzulegen verstand. Von seinem regen Interesse auch für weltanschauliche und politische Fragen zeugen z. B. die in der Öffentlichkeit vielbeachteten Reden während seines Rektorats 1916/17.

Dem VDE steht Prof. Dr. Kloss besonders nahe als früherer und derzeitiger Vorsitzender des Gaues Berlin-Brandenburg, als Führer des Deutschen Komitees der IEC und als Leiter des Fachausschusses für Elektromaschinenbau. Daß er dem Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (AEF) seit 1914 angehört, sei nur der Vollständigkeit wegen erwähnt.

W. Rihl. — Am 1. 10. feierte der Prokurist der Siemens & Halske AG., Herr Dr. phil. Wilhelm Rihl VDE, sein 25jähriges Dienstjubiläum. Am 18. 3. 1886 wurde er zu Dresden geboren. Nach dem Studium an der T. H. Dresden und der Universität Göttingen promovierte er 1911 zum Dr. phil. und trat nach kurzer Tätigkeit bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Ende 1911 in das Forschungslaboratorium des Siemens-Konzerns ein. Hier wirkte er 10 Jahre, unterbrochen durch eine mehr als 4jährige Teilnahme am Weltkrieg, und ging dann zur Siemens-Kabel-Gemeinschaft über, wo er sich mit dem Vertrieb der Pupin-Fernmeldekabel aller Art von den kleinsten Anfängen bis zur stürmischen Entwicklung befaßte. Eine Reihe von Veröffentlichungen auf dem Fernmeldekabelgebiet, zum Teil in der ETZ erschienen, stammt aus dieser Tätigkeit. Unter dem Altmeister der Pupinkabeltechnik, Herrn Dr. A. Ebeling, hat Herr Dr. Rihl an der Entwicklung dieses für die Fernmeldetechnik so wichtigen Arbeitsgebietes und an der Schaffung überstaatlicher Fernmeldenetze einschließlich der Seekabel mitgearbeitet. Sein Kameradschaftsgeist und sein guter Charakter haben ihm im Kreise seiner Fachgenossen Wertschätzung erworben.

W. Rihl.

E. Fischer VDE, Berlin.

W. Zill. — Anfang Oktober feierte Obering. Walter Zill VDE, Chemnitz, sein 25jähriges Berufsjubiläum. Lange Jahre war er Verkaufsoberingenieur der Poege E.A.G. Chemnitz bis zur Auflösung dieser Firma. Danach leitete er die Verkaufsabteilung Chemnitz der Schorch-Werke A.G., Rheydt. Sein Name ist als der eines gewissenhaften Beraters und geschätzten Fachmannes nicht nur in den elektrotechnischen Kreisen des Chemnitzer Bezirks, sondern auch im ganzen südsächsischen Industriegebiet bekannt. Dem VDE Gau Südsachsen, dem er als Gründer des ehemaligen Elektrotechnischen Vereins Chemnitz angehört, hat er jederzeit gern und freudig im Vorstand und im Beirat seine Arbeitskraft zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Grundlagen der Quantenmechanik. Von Dr. H. Dänzer. Bd. 35 der Wissenschaftlichen Forschungsberichte, Naturwiss. Reihe. Herausg. v. Dr. Raphael u. Ed. Liesegang. Mit 11 Abb., XI u. 163 S. im Format A 5. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1935. Preis geh. 12,—, geb. 13,— RM.

Es ist heute eine weit verbreitete Erkenntnis, daß die anschaulichen Modellvorstellungen, mit denen die Physik bis um die Jahrhundertwende erfolgreich zu arbeiten pflegte, bei der Erforschung des Atombaus versagten und daß heute — wie der Verfasser des zu besprechenden Buches sagt — „die Quantenmechanik als adäquate Darstellung dieses Erfahrungsbereiches betrachtet werden darf". Ohne den Überblick, den die quantentheoretische Betrachtungsweise gewährt, wäre die experimentelle Atomforschung gewiß nicht bis zu ihrem heutigen Stande durchgedrungen, sondern in dem Wirrnis ungeordneter und gar scheinbar widersprechender Tatsachen stecken geblieben. Mit Recht wendet sich daher den Verfahren der Quantenmechanik ein weit höheres Interesse zu, als sonst auf ein so hochmathematisches Sondergebiet außerhalb der engsten Fachkreise fallen würde. Wenn das Buch von Dänzer diesem Interesse entgegenkommt, so doch nur so weit, als es der bekannten Sammlung des Steinkopffschen Verlages „Wissenschaftliche Forschungsberichte", in deren Rahmen es erscheint, entspricht. Es handelt sich um kein volkstümliches, sondern um ein streng wissenschaftliches Werk, dessen mathematische Form und Darstellungsweise erhebliche Vorkenntnisse in Mathematik und Physik voraussetzt. Es handelt sich auch um kein systematisches Lehrbuch (obgleich manche Abschnitte in ihrer knapp, aber präzis gefaßten Form ein solches zu ersetzen vermöchten), sondern um das Gerüst einer exakten Darstellung der Quantenmechanik, das in der Hauptsache die Schrödingersche Wellenmechanik mit ihrer statistischen Deutung zugrunde legt. Der Student, der dieses wohlgefügte Gerüst neben einer ausführlichen Vorlesung zur Orientierung gebraucht, darf sich erheblichen Nutzen davon versprechen. Dem Leser aus dem weiteren Kreise, der vielleicht aus allgemeinem Interesse zu dem Buche greift, wird zwar das eine oder andere unverständlich bleiben, aber er wird doch immer wieder in den Zusammenhang hineingebracht und wird einen Eindruck von dem Wesen der Quantenmechanik erhalten, der weit über das hinausgeht, was volkstümliche Darstellungen der Atomphysik, die auf mathematische Ausdrucksform verzichten, darüber vermitteln können. Den Leser dieser Zeitschrift wird neben anderem besonders die Darstellung der Diracschen Theorie wegen der darin gut zum Ausdruck kommenden Verwandtschaft mit der Maxwellschen Theorie der Elektrodynamik interessieren.

H. Dießelhorst.

Technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen. Von E. von Angerer. (Sammlung Vieweg, Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, H. 71) 3. Aufl. Mit 42 Abb., IX u. 201 S. Verlag F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1936. Preis geh. 9,80 RM.

Ernst von Angerers Buch über physikalische Kunstgriffe bei Untersuchungen liegt jetzt schon in der 3. Auflage vor. Es ist wiederum um wertvolle Bestandteile für den Physiker vermehrt worden. Hier ist besonders die Aufnahme der meisten Werkstoffe, die für den Physiker Bedeutung haben, hervorzuheben. Ferner sind neu aufgenommen das Punktschweißen und Schweißen mit Kondensator. Das Gebiet der physikalischen Dichtungsmittel ist der neueren Entwicklung angepaßt, so daß bereits auch die Apiezon-Kitte erwähnt sind. Besonders wertvoll erscheint mir auch das am Schluß vorhandene Verzeichnis der genauen Anschriften von Firmen, die alle die kleinen Hilfsmittel des Physikers herstellen und vertreiben. So hat das Büchlein von Angerer in seiner 3. Auflage wesentlich an Wert für den praktisch arbeitenden Physiker gewonnen und ist infolge seines nahezu umfassenden Berichtstoffes auf allen Gebieten der praktischen Physik ein unentbehrlicher Ratgeber nicht nur für den Anfänger, sondern auch für den erfahrenen Physiker geworden.

A. Wehnelt.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Nomogramme für die Funktechnik. Von Ing. K. Nentwig. (Deutsche Radio-Bücherei Bd. 73.) Mit 31. Nomogrammen u. 67 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1936. Preis kart. 2,50 RM.

Lautsprecher. Selbstbau und Anweisung. Von Dipl.-Ing. P.-E. Klein. (Deutsche Radio-Bücherei Bd. 71.) Mit 139 Abb. u. 9 Tabellen u. 84 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1936. Preis kart. 3 RM.

Hochfrequenztechnik I. Elektromagnetische Schwingungskreise. Von Stud.-Rat J. Kammerloher. (Lehrbücher der Feinwerktechnik. Herausg. v. Dr. K. Gehlhoff. Bd. 1.) Mit 115 Abb., 3 Taf., XI u. 176 S. im Format A 5. C. F. Winter'sche Verlagshandlung G. m. b. H., Leipzig 1936. Preis kart. 5,80 RM.

Mitteilungen des Wöhler-Instituts, Braunschweig. Heft 27: J. Seeliger, Aufschaukelung und Dämpfung von Schwingungen mit dem Rotationskreisel. O. Föppl u. W. Wagenblast, Rüttelprüfungen von Schraubenverbindungen. Mit zahlr. Abb. u. 64 S. im Format A 5. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1936. Preis kart. 4 RM.

Die Technik selbsttätiger Steuerungen und Anlagen. Neuzeitliche schaltungstechnische Mittel und Verfahren, ihre Anwendung auf den Gebieten der Verriegelungen und der selbsttätigen Steuerungen. Von Dipl.-Ing. G. Meiners. Mit 144 Abb. u. 225 S. im Format 165 × 240 mm. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1936. Preis geb. 12,50 RM.

Die Trocknung und Entwässerung von Kohle nach dem heutigen Stand der Erkenntnis. Bericht E 1 des Reichskohlenrats. Mit 17 Abb., einem Anhang u. 80 S. im Format 135 × 210 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis kart. 2,40 RM.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. Herausg. v. d. Deutschen Chemischen Gesellschaft. 8. Aufl. System-Nr. 23: Ammonium. Lieferung 1: Element-Verbindungen bis Ammonium und Jod. Mit 23 Abb., IV u. 242 S. im Format B 5. Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 37,50 RM.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Deutsches Arbeitsschutzmuseum in Verbindung mit der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsschutz, Berlin. 3. 11. (Di), 16^{00} bis 18^{00}, Charlottenburg, Fraunhoferstr. 11/12: Beginn eines Lehrgangs über „Entstehung und Verhütung von Berufskrankheiten". 7 Abende, jeweils Dienstags. Teilnehmergebühr für den ganzen Kursus 6 RM, für den Einzelvortrag 1,50 RM. Anmeldung und Auskunft beim Deutschen Arbeitsschutzmuseum.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 20. 10. (Di), 19^{00}, Ingenieurhaus Berlin NW 7, Hermann-Göring-Str. 27: „Streifzüge durch die drahtlose Nachrichtentechnik". Reichsbahnoberrat Dr.-Ing. Apel.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Berlin. 15. 10. (Do), 17^{30}, T. H.: 1. Bericht über die Reichstagung der deutschen Lichttechniker in Frankfurt a. M. 2. „Berlin als Lichtstadt". E. von der Trappen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 57. Wer stellt Fliehkraftschalter her zum Einbau in Kleinmotoren, um eine Hilfsphase aus- bzw. einzuschalten?

Frage 58: Wer liefert Granalien aus reinem Magnesium?

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 9. Oktober 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 22. Oktober 1936 | Heft 43

Luftschutzbeleuchtung.

Von F. Seidel, Frankfurt a. M.

621. 32 : 628. 971/2 : 623

Übersicht. Die wichtigsten Gesichtspunkte für die in einem Kriegsfall notwendige Umstellung der Beleuchtung werden erläutert und Möglichkeiten aufgezeigt, wie diese Umstellung zweckmäßig durchgeführt werden kann.

Die bisher so heiß umstrittenen Fragen, welche Anforderungen im Kriegsfall an die Beleuchtung zu stellen sind, sind nunmehr geklärt worden[1]). Kurz zusammengefaßt handelt es sich hierbei um folgendes:

Bei drohender Kriegsgefahr erfolgt der

„Aufruf des Luftschutzes".

Dieser zieht ohne besondere weitere Anordnung die

„Eingeschränkte Beleuchtung"

als Dauerzustand für das ganze Reich nach sich. Erst bei bevorstehenden Luftangriffen wird als verschärfte Sicherheitsmaßnahme für den gefährdeten Bezirk die

„Verdunkelung"

angeordnet.

Die Unterteilung in „eingeschränkte Beleuchtung" und „Verdunkelung" wurde vorgenommen, weil in weniger gefährdeten Gegenden nicht immer mit Luftangriffen zu rechnen ist und eine so stark eingeschränkte Beleuchtung, die den Anforderungen der Verdunkelung entspricht, vielfach den Verkehr und in Industrieaußenanlagen auch die Arbeit unnötig erschweren würde. Auf jeden Fall muß aber auch schon die „eingeschränkte Beleuchtung" so sein, daß den feindlichen Fliegern nicht schon von weitem Anhaltspunkte für das Auffinden wichtiger Anlagen gegeben werden. Bei der „eingeschränkten Außenbeleuchtung" darf aus diesem Grunde vor allem kein unmittelbares Licht der Lichtquelle aus der Luft wahrnehmbar sein. Es dürfen somit im Freien nur Leuchten eingeschaltet werden, die kein Licht oberhalb der Waagerechten austreten lasssen. Das wären also z. B. ausgesprochene Schirmleuchten ohne jedes Abschluß- oder Kragenglas nach Abb. 1, sofern sich die Lichtquelle innerhalb des Reflektors (d. h. oberhalb der Reflektorunterkante) befindet und so schwach gewählt wird, daß kein auffälliger Lichtschein unter der Leuchte entsteht.

Unter Beachtung dieser Gesichtspunkte müssen daher zunächst alle im Betriebe befindlichen anderen Leuchtenarten, die während der „eingeschränkten Beleuchtung" in Betrieb bleiben sollen — z. B. die in Straßenbeleuchtungsanlagen meist verwendeten offenen Glockenbreitstrahler —, mit Abschirmvorrichtungen versehen werden, die das Licht nur in den zulässigen Winkelbereich austreten lassen.

Zu berücksichtigen ist aber auch, daß pendelnd aufgehängte Leuchten durch Wind hin und her bewegt werden und dadurch blinklichtartig doch noch Lichtstrahlen nach oben gelangen, wenn sich die Lichtquelle nicht genügend tief im Reflektor befindet. Um diese Möglichkeit von vornherein auszuschalten, stellt man die freie Lichtausstrahlung von Tiefstrahlern bei starrer Anordnung zweckmäßig nicht über 160 ° und bei pendelnder Aufhängung nicht über 120 ° ein (Abb. 2).

Bei Weiterbenutzung der gleichen Lichtquellen wird jedoch von fast allen Leuchten, besonders aber von Tiefstrahlern, das Licht ganz unabhängig von der Reflektorform und Lichtpunkteinstellung immer in die Leuchtennähe (d. h. in die Nähe des Fußpunktes) zusammengedrängt, wie aus Abb. 3 deutlich ersichtlich ist.

Abb. 1. Normale Schirmleuchte.

Abb. 2. Tiefstrahler mit pendelnder Aufhängung.

Dadurch wird aber unterhalb der Lichtquelle eine zu große Leuchtdichte erzeugt. Diese läßt sich mildern durch Eindrehen kleinerer Glühlampen, durch Anbringen von Abdeckungen aus Blech oder Filtern aus dunkelfarbigem Glas oder durch Herabsetzen der Betriebsspannung.

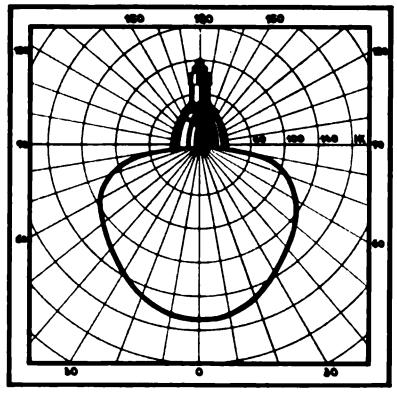


Abb. 3. Lichtverteilung für einen Tiefstrahler bei 160 ° Strahlung.

Eine möglichst große Gleichmäßigkeit der Beleuchtung kann durch Blendeneinsätze erreicht werden, die eine Umformung der tiefstrahlenden (Abb. 3)

[1]) H. Knothe: Tarnung und Verdunkelung als Schutz gegen Luftangriffe, Berlin: Wilh. Ernst & Sohn 1936.

Digitized by Google

in eine breitstrahlende (Abb. 4) Lichtverteilung bewerkstelligen. Wie weitgehend sich dann die Gleichmäßigkeit der Bodenbeleuchtung bei dem gleichen Verhältnis von Lichtpunkthöhe zu Leuchtenabstand verbessern läßt, geht aus der Bodenbeleuchtungskurve Abb. 5 hervor. Diese zeigt, daß durch eine derartige Blende das Gleichmäßigkeitsverhältnis von 1 : 75 auf 1 : 1,4 gebracht werden kann.

Die einzusetzenden Abblendevorrichtungen müssen naturgemäß so durchgebildet sein, daß sie ohne irgendwelche Hilfswerkzeuge, Schrauben oder dergl. lose Teile

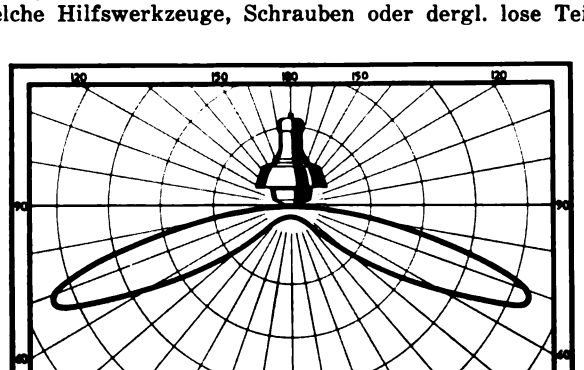


Abb. 4. Lichtverteilung bei einem mit Blendeinsatz versehenen Tiefstrahler.

von einem Mann schnell angebracht werden können, daß ferner aber auch die Lichtpunkteinstellung innerhalb der Leuchte unverändert bleiben kann und die Leuchtdichte in solchen Grenzen bleibt, daß keine Blendung entsteht, die den Fahrzeug- und Fußgängerverkehr beeinträchtigt. Eine Blende, die diesen Bedingungen für die „eingeschränkte Beleuchtung" entspricht und die nach amtlicher Prüfung gemäß § 8 des Luftschutzgesetzes vom 26. 6. 1935 zum Vertrieb zugelassen ist, ist in den Abb. 6 und 7 gezeigt.

Während der „Verdunkelung" dürfen in normalen Außenbeleuchtungsanlagen nur solche Leuchten in Betrieb bleiben, deren Licht weder mittelbar noch unmittelbar bei einer Beobachtung aus der Luft wahrnehmbar ist. In den Fällen, in denen diese Forderung nicht mit Sicherheit erfüllt werden kann, kommen für die „Verdunkelung" sog. Richtleuchten in Frage, bei denen praktisch

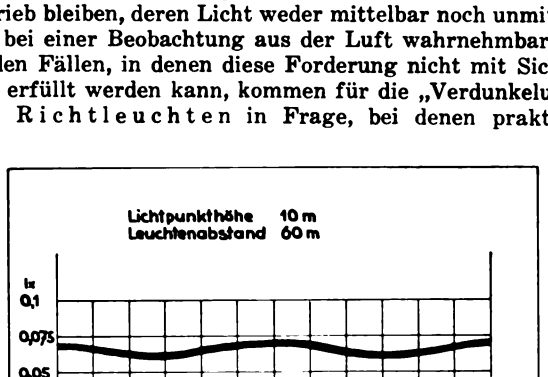


Abb. 5. Bodenbeleuchtungskurve für einen Tiefstrahler.

überhaupt keine Beleuchtung erzeugt wird. Das Licht derartiger Leuchten, das auch durch Blendeneinsätze an normalen Leuchten geschaffen werden kann, muß aus einer Entfernung von 300 m vom Boden aus noch gut wahrnehmbar sein, wobei eine Blendung für den Beschauer nicht entstehen darf. Ein Beispiel für eine solche Richtleuchte zeigt Abb. 8.

Die oben beschriebenen Blenden bestehen nur aus Metall; sie sind deshalb gegen mechanische Beschädigung beim Aufbewahren im Lager oder beim Anbringen an der Leuchte praktisch unempfindlich.

Weit verbreitet war bisher die Ansicht, daß blaues Licht für Luftschutzbeleuchtungsmaßnahmen am besten geeignet sei. Das trifft jedoch nicht zu, im Gegenteil, eingehende Untersuchungen in dieser Richtung haben bewiesen, daß für ein an die Dunkelheit gewöhntes Auge bei so geringen Helligkeiten, wie sie hierbei in Frage kommen, blaue Farben deutlicher wahrnehmbar sind als alle anderen. Bei einem Vergleich mit anderen Lichtfarben ist meist nicht berücksichtigt worden, daß die verwendeten Blaufilter oder blau gefärbten Glühlampen einen viel größeren Teil der vorwiegend gelb-roten Glühlampenstrahlung verschlucken als z. B. rote Filter. Bei der Beobachtung verschiedenfarbiger schwacher Lichtquellen mit genau gleicher Strahlungsstärke durch dunkel adaptierte

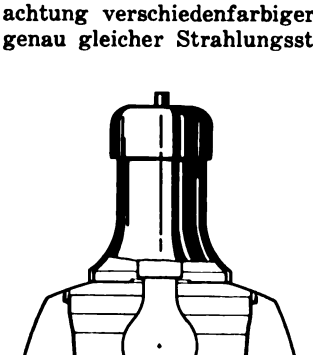


Abb. 6. Schnitt durch eine flache Schirmleuchte mit Blende.

Abb. 7. Flache Schirmleuchte mit Luftschutzblende.

Augen und bei klarem, für Fliegerangriffe also günstigem Wetter, läßt sich die Richtigkeit dieser Behauptung ohne weiteres nachweisen.

Lichtwerbeanlagen und sonstige irgend entbehrlichen Beleuchtungen sind schon vom Aufruf des Luftschutzes an auszuschalten.

Bei Innenräumen, also Wohnräumen und Werkstätten bis zu den größten Industriebauten, gibt es keinen Unterschied zwischen „eingeschränkter Beleuchtung" und „Verdunkelung". Hier darf daher gleich von Anfang an keinerlei auffällige Lichtstrahlung von außen wahrnehmbar sein. In manchen Fällen läßt sich diese Forderung schon dadurch erfüllen, daß eine reine Arbeitsplatzbeleuchtung mit höchstens ganz schwacher zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung durchgeführt wird. Hierfür müssen aber unbedingt lichtundurchlässige Reflektoren mit möglicht kleinem Durchmesser und weitgehender Einstellungsmöglichkeit verwendet werden, damit die Leuchte dicht an den Arbeitsplatz herangebracht werden kann und dort nur ein kleines Lichtfeld erzeugt. In diesem Fall würden schon mit den kleinsten Glühlampen von 15 W ausreichende Beleuchtungsstärken und somit gleichzeitig auch (unter Umständen bedeutende) Stromersparnisse erzielt.

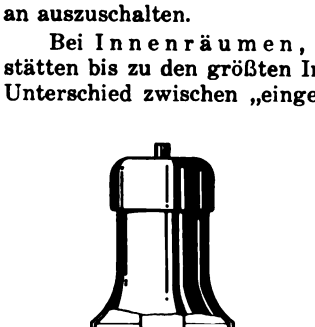


Abb. 8. Flache Schirmleuchte mit Blende als Richtleuchte.

Dort jedoch, wo mit einer solchen Einzelplatzbeleuchtung nicht auszukommen ist, sondern sich eine, vielleicht sogar starke allgemeine Raumausleuchtung erforderlich macht, ist eine zuverlässig wirkende Abdichtung der Fenster notwendig. Wenn auch die Innenraumbeleuchtung so stark wie irgend möglich eingeschränkt werden soll, so darf aber, zumal in kriegswichtigen Fabrikbetrieben, keine

Digitized by Google

Beeinträchtigung der Arbeit eintreten, vielmehr muß die Erzeugung dann sogar noch eine größtmögliche Steigerung erfahren.

Bei Fabrikbauten mit Oberlichtern ist eine ausreichende Abblendung besonders wichtig. Hierfür kommen gleichfalls Leuchten mit vollkommen nach oben abgeschirmten Lichtquellen, also wiederum Tiefstrahler oder entsprechend ausgebildete Leuchtenformen in Frage.

Abb. 9. Notausgangsleuchte.

Deren Lichtausstrahlung muß aber auch nach den Seitenfenstern zu soweit abgeschirmt sein, daß keine starke Beleuchtung außerhalb des Gebäudes verursacht wird. Auch die durch glänzende oder helle Arbeitsstücke oder Maschinenteile verursachte Reflexion darf keinen aus der Luft wahrnehmbaren Lichtschein entstehen lassen. Ist dies nicht zu vermeiden, müssen die Oberlichter und Fenster abgeblendet werden.

Auch während der „Verdunkelung" sollen der Verkehr und die Arbeit in vollem Umfang aufrechterhalten bzw. weitergeführt werden. Die Luftschutzräume sollen erst bei „Fliegeralarm", der nicht immer gleichzeitig mit der „Verdunkelung", sondern nur bei bevorstehendem Fliegerangriff angeordnet wird, aufgesucht werden. Um das sichere und schnelle Auffinden dieser Räume zu erleichtern, empfiehlt sich für Innenräume die Anordnung von Notausgangsleuchten, wie sie in Abb. 9 dargestellt sind. Fluchtwegleuchten sind nur für solche Räume notwendig, in denen eine reine Arbeitsplatzbeleuchtung vorhanden ist und die allgemeine Raumhelligkeit nicht ausreicht, die Ausgänge bei einem Fliegeralarm rasch zu finden. Leuchten dieser Art sind aber möglichst an eine vom normalen Lichtnetz getrennte Stromquelle anzuschließen, damit sie auch bei Störung der normalen Stromversorgung noch ihren eigentlichen Zweck als Notleuchten erfüllen können.

Da die Frage der für den eigenen Betrieb zweckmäßigsten Art der Verdunkelungsmaßnahmen nicht einfach zu lösen ist, anderseits aber im Ernstfalle die Umstellung von der Friedens- auf die Kriegsbeleuchtung innerhalb kürzester Zeit erfolgen muß, ist es notwendig, schon im Frieden die erforderlichen Untersuchungen durchzuführen, die geeigneten Geräte zu beschaffen und die Möglichkeit einer schnellen und sachgemäßen Umstellung für den Ernstfall vorzubereiten.

Zusammenfassung.

Allgemein gültige Richtlinien für Luftschutzbeleuchtung lassen sich nicht aufstellen, insbesondere nicht über die während der einzelnen Alarmstufen noch zulässige Beleuchtungsstärke und die anzuwendenden Verdunkelungsmittel. Es sei noch darauf hingewiesen, daß nach § 8 des Luftschutzgesetzes vom 26. Juni 1935 der Vertrieb von Mitteln und Gerät für den Luftschutz — also auch Beleuchtungskörper für den Luftschutz — einer Vertriebsgenehmigung bedarf, die von der Reichsanstalt für Luftschutz erteilt wird.

Fahrbare Stoßanlagen.

Von **R. Crämer**, Berlin.

621. 313. 12. 015. 33

Übersicht. Nach einem Hinweis auf den großen Raumbedarf bisher ausgeführter Stoßgeneratoren, der bei Anlagen für sehr hohe Spannungen vielfach zur Aufstellung im Freien mit der damit verbundenen Abhängigkeit von der Witterung zwang, wird eine neue Bauweise mit denkbar geringen Abmessungen beschrieben, durch welche die Fahrbarkeit von Stoßgeneratoren auch für sehr hohe Spannungen und die Unterbringung in geschlossenen Räumen ermöglicht wird.

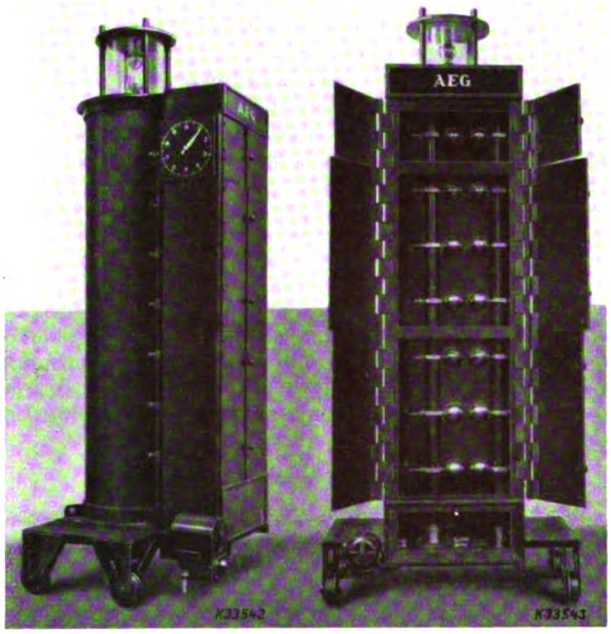
Unter Stoßgeneratoren versteht man im allgemeinen Kondensatoren in Verbindung mit Schalteinrichtungen, die eine gemeinsame Umschaltung von der Parallelschaltung der einzelnen Kondensatoren in eine Reihenschaltung ermöglichen. Mit Hilfe eines Gleichrichtersatzes werden die parallel geschalteten Kondensatoren auf eine bestimmte Spannung aufgeladen und dann mittels der Umschalter in Reihe geschaltet, so daß man die Summe der Spannung der einzelnen Kondensatoren erhält. Die einfachste und schnellste Umschaltung wird bekanntlich nach dem Marxschen Prinzip[1]) durch Funkenstrecken bewirkt, wobei die Aufladung der parallel geschalteten Kondensatoren über Widerstände erfolgt, während die Reihenschaltung durch den praktisch gleichzeitigen Überschlag sämtlicher zu den Kondensatoren über Widerstände parallel geschalteten Funkenstrecken erfolgt. Die elektrischen Vorteile dieses Verfahrens werden durch keine mechanische Umschaltvorrichtung erreicht. Stoßgeneratoren für hohe Spannungen hat man bisher z. T. treppenförmig aufgebaut, wobei die Höhe einer Treppenstufe durch die höchste Ladespannung gegeben ist, z. T. wurden die Kondensatoren auch übereinander mit entsprechenden Abständen aufgebaut. In den meisten Fällen, insbesondere bei Anlagen mit großer Kapazität, werden die einzelnen Stufen aus vielen Kondensatoren, die zu Batterien zusammengeschaltet werden, gebildet. Die bisher geübte Bauart führte insbesondere bei hohen Spannungen zu so großen Abmessungen, daß die Aufstellung solcher Treppen- oder Turmbauarten vielfach im Freien vorgenommen werden mußte, da eine Unterbringung in geschlossenen Räumen im allgemeinen zu kostspielig war. Die Abhängigkeit von der Witterung bringt jedoch den Nachteil beschränkter Ausnutzung solcher mit hohem Anlagekapital gebauten Anlagen mit sich. Abgesehen von den nicht unbeträchtlichen Ableitungsverlusten bei Regen- und besonders bei nebligem Wetter, die zu hohen Spannungsverlusten führen, ist einerseits der Transport von Geräten für hohe Betriebsspannungen zur Stoßanlage meist mit Schwierigkeiten verknüpft, wenn er überhaupt ausgeführt werden kann, anderseits ist die Prüfung von Innenraumgeräten mit nicht witterungsbeständiger Isolation dadurch erschwert, daß sie nur bei gutem Wetter ausgeführt werden kann. Schließlich werden auch rein wissenschaftliche Untersuchungen durch die Witterung stark behindert.

Die Aufstellung der Stoßgeneratoren der üblichen Bauart im Innenraum bringt praktisch meist den Nachteil mit sich, daß der für Versuche nutzbare Raum von Hochspannungslaboratorien oder Prüffeldern sehr knapp ist. Zur

[1]) Erwin Marx, ETZ 45 (1924) S. 652.

Digitized by Google

Beseitigung dieses Mangels wurden fahrbare Stoßprüfanlagen nach dem Marxschen Prinzip entwickelt, die sich bei großer Endkapazität durch kleinstmöglichen Raumbedarf auszeichnen.



a) betriebsfertig b) Schaltfunkenstrecken sichtbar

Abb. 1. Stoßgenerator für 1000 kV.

Die Grundlage für den Bau solcher Stoßgeneratoren bilden ölimprägnierte Papierkondensatoren in Scheibenform, eine Bauart, die der theoretisch günstigsten Raumausnutzung am nächsten kommt. Durch Aufeinanderschichten der einzelnen Scheibenkondensatoren wird ein durch Bolzen verspannter säulenförmiger Aufbau erreicht, der lediglich durch die für den Ladevorgang erforderlichen Stufenabstände unterbrochen ist. Diese Säule wird in ein mit Öl gefülltes zylindrisches Gefäß aus Isolierstoff eingebaut, das mit seitlichen Bohrungen zur Durchführung der Verbindungsleitungen zwischen Kondensatoren und Funkenstrecken versehen ist. Die zur Reihenschaltung erforderlichen Kugel-Funkenstrecken werden unmittelbar neben dem Isolierstoffgefäß waagerecht übereinander angeordnet, wobei eine Kugelreihe von einem feststehenden Isolierrohr getragen wird, während die gegenüberliegende an einem durch Motorantrieb seitlich verschiebbaren Isolierrohr befestigt ist. Abb. 1 a zeigt eine so aufgebaute Anlage für 1000 kV bei 5000 pF wirksamer Kapazität.

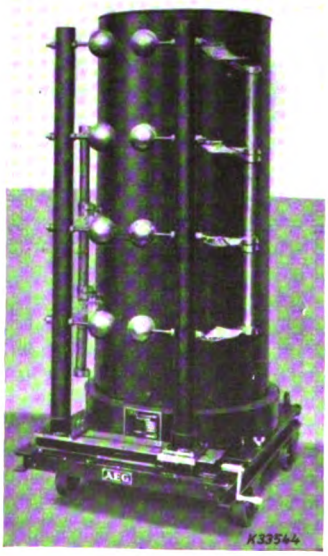


Abb. 2. Stoßgenerator für 500 kV.

Die Unterbringung der Kugelpaare in einem abgeschlossenen Raum, Abb. 1 b, schützt einerseits die Kugeln vor Verstaubung, anderseits trägt sie zur Geräuschdämpfung bei. Die zur Dämpfung von Schwingungen notwendigen Widerstände sind gleichmäßig auf die einzelnen Generatorstufen verteilt und liegen innerhalb des Isolierschrankes, wo sie leicht zugänglich und auswechselbar angeordnet sind. Unten am Fahrgestell ist der Motorantrieb zum Einstellen der Funkenstrecken angebaut. An einem auf der Schmalseite des Schrankes sichtbaren Zifferblatt kann der Kugelabstand des untersten Kugelpaares abgelesen werden. Die unterste Funkenstrecke leitet den Zündvorgang ein, da die übrigen Kugelpaare etwas weiter eingestellt sind, und kann dadurch zugleich zur Anzeige der Ladespannung der während des Ladevorgangs parallel geschalteten Kondensatoren dienen.

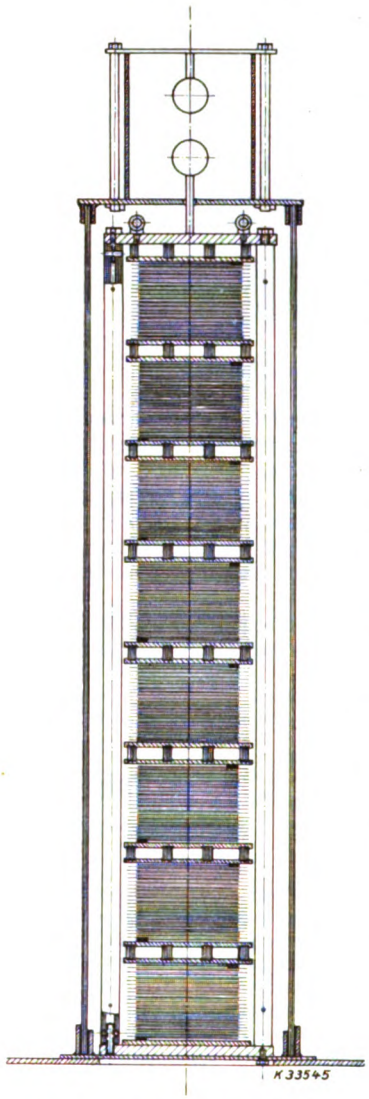


Abb. 3. Grundsätzlicher Aufbau der Kondensatoren.

Die Spannung wird an der oberen Kugel der auf dem Deckel der Kondensatorsäule in einem Glaszylinder eingebauten Kugelfunkenstrecke abgenommen. Diese Anordnung hat sich bei den durch den Isolierschrank der Sicht entzogenen Funkenstrecken als vorteilhaft erwiesen, um das richtige Arbeiten der Anlage beobachten zu können. Die Grundfläche des Generators beträgt [1,6 × 1,3] m², die gesamte Bauhöhe 3,7 m.

Abb. 2 zeigt eine weitere Anlage für 500 kV bei 10 000 pF wirksamer Kapazität in vereinfachter Ausführung, Abb. 3 den grundsätzlichen Aufbau der Kondensatoren.

Die rechnungsmäßige Summenspannung der beiden Generatoren beträgt 1200 bzw. 600 kV. Die eingebauten Dämpfungswiderstände bewirken bei Prüflingen geringer Eigenkapazität von etwa 300 pF eine Spannungsabsenkung am Prüfling von 1200 auf etwa 1000 bzw. von 600 auf etwa 500 kV.

Wie außerordentlich günstig sich diese Bauweise auf Anlagen für besonders hohe Spannungen und große Kapazität auswirkt, sei an einem für 3000 kV und 11 000 pF wirksame Kapazität ausgelegten Stoßgenerator gezeigt, der ebenfalls fahrbar ausgeführt werden kann. Die Kondensatorsäule wird hier in drei einzelne Glieder unterteilt, wobei jedes Glied in einem eigenen Isolierzylinder untergebracht ist. Der Aufbau unterscheidet sich grundsätzlich nicht von dem des beschriebenen Stoßgenerators für 1000 kV. Die Grundfläche beträgt bei dieser Anlage nur [2 × 2,5] m², die Höhe 7 m und das Gesamtgewicht 9 t. Die beschriebenen Anlagen gestatten, den Prüfraum weitgehend für Versuche auszunutzen, da man in der Lage ist, den Raum nur dann durch den Stoßgenerator zu besetzen, wenn Stoßversuche vorgenommen werden. Bei andern

Digitized by Google

Hochspannungsversuchen, zum Beispiel mit normalfrequenter Wechselspannung, kann der Generator in eine Ecke oder an die Wand geschoben werden, so daß dadurch die denkbar größte Raumausnutzung möglich ist.

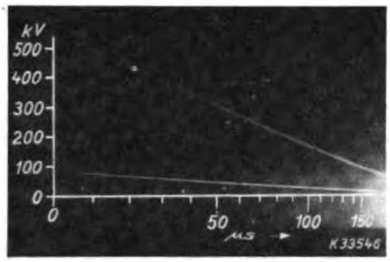


Abb. 4. Aufnahme der Spannungswelle mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen.

Die Wahl einer großen wirksamen Kapazität spielt insofern eine wichtige Rolle, als einerseits Geräte mit großer Eigenkapazität ohne wesentliche Spannungsabsenkung geprüft werden können und anderseits Durchschlagskanäle bei geringer Kapazität des Stoßgenerators oft schwer erkennbar, unter Umständen bei einer Nachprüfung mit Wechselspannung von 50 Hz gar nicht feststellbar sind. Die Erzeugung von Spannungsstößen mit möglichst steilem Anstieg setzt geringe Eigeninduktivität des Stoßgenerators voraus, die nur bei Anlagen mit räumlich geringen Abmessungen erreicht werden kann.

Die erforderliche Ladespannung für diese Stoßgeneratoren wird in einem fahrbaren Ladesatz erzeugt. Transformator, Heizwandler, Gleichrichterröhren und Polaritätsumschalter werden unter Öl gemeinsam in einem Zylinder aus Isolierstoff auf einem Fahrgestell von 0,7 m² Grundfläche untergebracht. Die gesamte Bauhöhe des Ladesatzes beträgt 1,6 m. Zur Durchführung der üblichen Stoßprüfung von Geräten mit kleiner Kapazität, insbesondere von Isolatoren mit der genormten Stoßwelle[2]) dient ein in ein kapazitiv gesteuertes Isolierrohr eingebauter Entladewiderstand unter Öl, der so bemessen ist, daß die Halbwertszeit der Stoßwelle 50 µs beträgt, während der Anstieg von 0,5 µs durch die Kapazität des in dem Rohr untergebrachten Steuerkondensators und die vor den einzelnen Kugelpaaren liegenden Dämpfungswiderstände festgelegt ist.

Aufnahmen der Spannungswelle mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen (Abb. 4) haben die Zweckmäßigkeit des gesamten Aufbaues solcher Stoßgeneratoren bestätigt, deren räumliche und elektrische Vorteile schnelle und sichere Stoßspannungsmessungen gewährleisten.

Zusammenfassung.

Nach einer Erläuterung der bisher geübten Bauweise von Stoßgeneratoren mit besonderer Betonung der Marxschen Schaltung als der günstigsten wird auf den großen Raumbedarf und der dadurch häufig bedingten Aufstellung im Freien mit all ihren Nachteilen durch die Abhängigkeit von der Witterung hingewiesen. Durch Wahl von ölgefüllten Papierkondensatoren in Scheibenform unter Öl wird ein zylindrischer Aufbau in einem Isoliergefäß mit denkbar geringen Abmessungen erreicht, so daß die Fahrbarkeit und die Unterbringung von Stoßgeneratoren auch für sehr hohe Spannungen in geschlossenen Räumen möglich wird. An Hand von Abbildungen wird die neue Bauweise eingehend beschrieben.

[2]) VDE 0450/1933. Veröffentlicht in ETZ 54 (1933) S. 290; 55 (1934) S. 522.

Die Entwicklung des Oberleitungsomnibusses.

Von E. Schiemann, Mannheim.

621. 335. 4. 033. 91

Eine 35jährige Entwicklung hat den „Obus" nicht nur in seiner elektrischen Ausrüstung vervollkommnet, sondern auch in der äußeren Gestalt erheblich verändert. Betrachtet man den ersten Oberleitungswagen, der 1901 in fahrplanmäßigem Liniendienst eingesetzt wurde (Abb. 1), so erkennt man die unzulängliche Bauweise um die Jahrhundertwende: große, eisenbereifte Holzspeichenräder, Drehkranzlenkung, harte Federn und hohe Schwerpunktlage. Schon weit gefälliger wirkt das 1909 für eine norwegische Bahn gelieferte Fahrzeug (Abb. 2): durchgekröpfter Rahmen, dadurch tiefer Schwerpunkt, kleine, vollgummibereifte Stahlgußräder und Achsschenkel-Lenkung. Diese Wagen sind heute noch im Betrieb.

Bei der Planung der elektrischen Ausrüstung kehrt man nach manchen Umwegen heute wieder vielfach zu dem zurück, was die ersten Konstrukteure bereits verfochten hatten: e i n in Fahrgestellmitte aufgehängter Gleichstrom-Hauptschlußmotor, Antrieb über Ausgleichgetriebe auf die Hinterachse und einfachste Steuerung. Daneben sind Fahrzeuge mit zweimotoriger Ausrüstung und dem sogenannten „elektrischen Differential" in Betrieb[1]). Mit der Steigerung der Leistungen im Motorenbau hat selbstverständlich auch die Entwicklung der Steuerung Schritt gehalten. Anfangs verwendete man einfache, aufrechtstehende Straßenbahnschaltwalzen mit Handkurbelbetätigung; später wurden sie liegend unter dem Führersitz eingebaut und über Gestänge mit Fußhebeln bedient. Heute sind Obusse mit verschiedenen Steuerungsarten in Betrieb: reine Schützensteuerung, Nockenschaltwerk mit Motorantrieb oder mit Drehmagnetantrieb, ferner Steuerungen mit Walzen- und Nockenfahrschalter. Bis jetzt läßt sich über die Bewährung der einzelnen Steuerungen kein abschließendes Urteil bilden.

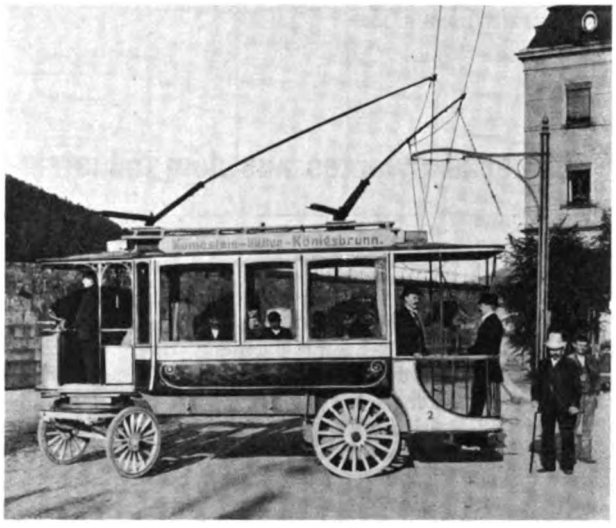


Abb. 1. Erste „Gleislose Bahn" 1901 in Königstein a. d. Elbe.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 27, S. 777.

Digitized by Google

Stromrückgewinnung mit Verbundmotoren ist in England verschiedentlich durchgeführt worden[2]).

Eigenartige Wege ging die Entwicklung des Stromabnehmers. Abgesehen von anfänglichen Versuchen, den Strom durch voraneilende oder nachgeschleppte Kontaktwagen dem Triebmotor zuzuführen, erkannte man in Deutschland schon sehr zeitig, daß die Rolle ein nur ungenügendes Kontaktmittel darstellt. Man benutzte daher löffelförmige, nach allen Seiten drehbare Schleifschuhe. M. Schiemann, der erfolgreiche Pionier auf dem Gebiet des Obusbaues, verließ auch bald den Zweistangenkontakt und baute 1907 einen betriebssicheren, doppelpoligen Einstangenkontakt, der es gestattete, bis auf 150 mm Fahrdrahtspurweite herunterzugehen. Eine Anzahl vor dem Kriege gebauter Bahnen wurde mit diesem Kontaktsystem ausgerüstet. Einige sind heute noch in Betrieb.

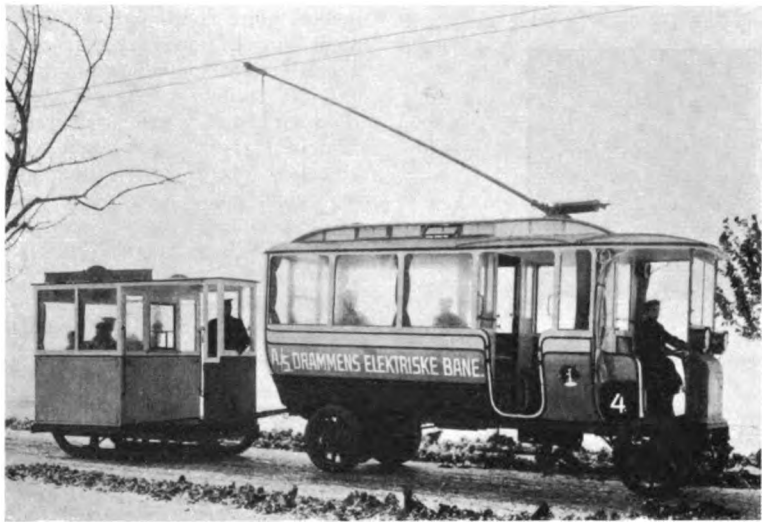


Abb. 2. „Oberleitungsomnibus" aus dem Jahre 1909 (heute noch in Betrieb).

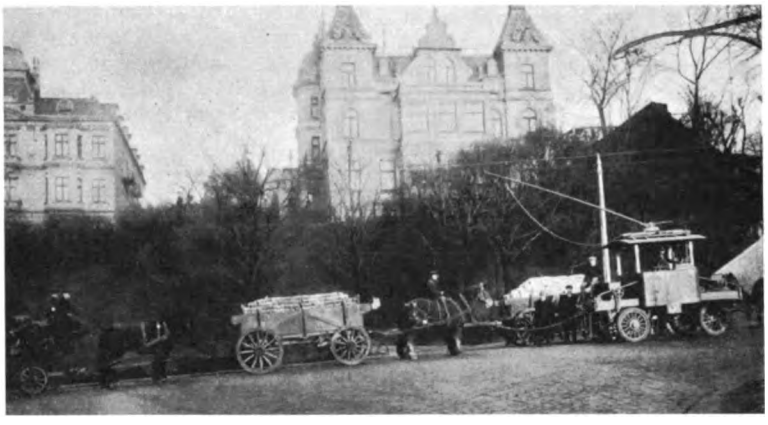


Abb. 3. „Gleislose" Bergschleppbahn in Altona a. d. Elbe (erbaut 1911, heute noch in Betrieb).

Als der „Obus" 1911 auch in England eingeführt wurde, benutzte man wieder Zweistangenkontakt mit Rollen. Auch die jüngst in Deutschland eingerichteten Linien benutzen den Zweistangenkontakt.

Jetzt sind erfolgreiche Bestrebungen im Gange, den Einstangenkontakt wieder zur Geltung zu bringen.

Eine Aufgabe, die in jüngster Zeit wieder in den Vordergrund zu treten scheint, sei hier noch kurz gestreift: die „gleislose elektrische Güterbeförderung". Zwischen 1901 und 1910 sind einige solcher Bahnen von Schiemann gebaut worden. Eine Mühlenbahn in Wurzen/Sa. war 15 Jahre in Betrieb, bis sie durch ein Anschlußgleis abgelöst wurde. Seit 25 Jahren erfüllt die Bergschleppbahn in Altona/Elbe (Abb. 3) ihre Aufgabe. Sie befördert jeweils zwei bis drei schwere Fuhrwerke den 600 m langen Elbberg hinauf und ersetzt dadurch den sonst notwendigen, sehr kostspieligen Pferdevorspanndienst. So wie diesen Bahnen schon früher Sonderaufgaben vorbehalten waren, wird dies auch in Zukunft wieder der Fall sein, um so mehr, als hier der heimische Treibstoff „Elektrizität" flüssige Betriebsstoffe für andere Zwecke freisetzen hilft.

[2]) ETZ 56 (1935) S. 132.

Bemerkenswertes aus dem Industrie-Schaltanlagenbau mit Druckgasschaltern.

Von **E. Westerhoff VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 1208.)

621. 316. 26 : 66.69

Abb. 7 zeigt die in Abb. 2 im Querschnitt gezeigte Schaltanlage mit Einfachsammelschiene. Übersichtlich und gut sichtbar angeordnet erkennt man die Sammelschiene und den vorgesehenen Lichtbogenschutz. Die besondere Betonung der Vorderfront entsprechend den weiter oben gezeigten Bildern ist auch hier wieder augenscheinlich, so daß sie keiner besonderen Erwähnung bedarf.

Abb. 8 zeigt eine fahrbare Druckgasschalter-Anlage, die in einem Pumpenraum, etwa 700 m unter Tage, aufgestellt ist. Sie verdient insofern besondere Erwähnung, als für ihre Unterbringung nur eine Nische von rd. 950 mm Tiefe zur Verfügung stand und außerdem Beschränkungen beim Hereinbringen der einzelnen Teile gegeben waren. Die Anlage konnte trotzdem aufstellungsreif in der Fabrik zusammengesetzt und die Schaltwagen selbst fertig an ihren Aufstellungsort gebracht werden. Die vorgeschriebenen, durch die Abmessungen des Förderkorbes gegebenen Maße wurden zum Teil sogar noch unterschritten. Abb. 9 zeigt einen ausgefahrenen Schaltwagen. Man erkennt die Anordnung des Druckgasschalters, der Stromwandler, Spannungswandler und der für die Stromübertragung und Messung erforderlichen Kontakte. Die Kontakte sind so ausgeführt, daß sie auch dann sicheren Stromübergang gewährleisten, wenn Verschiebungen in der Achse der Kontaktfinger und Gegenkontakte auftreten sollten.

Die vorstehend beschriebenen Anlagen sind solche der unter a) bis c) besprochenen Ausführungsart. Daß neben

Digitized by Google

den druckluftbetätigten Druckgasschaltern jetzt auch druckluftbetätigte Trennschalter verwandt werden, sei an dieser Stelle nochmals betont.

Drucklufterzeugungsanlagen.

Druckluft ist in fast allen Industriebetrieben ein schon lange bekanntes Mittel für die verschiedensten Arbeitsvorgänge. Im Bergbau hat sie das größte Anwendungs-

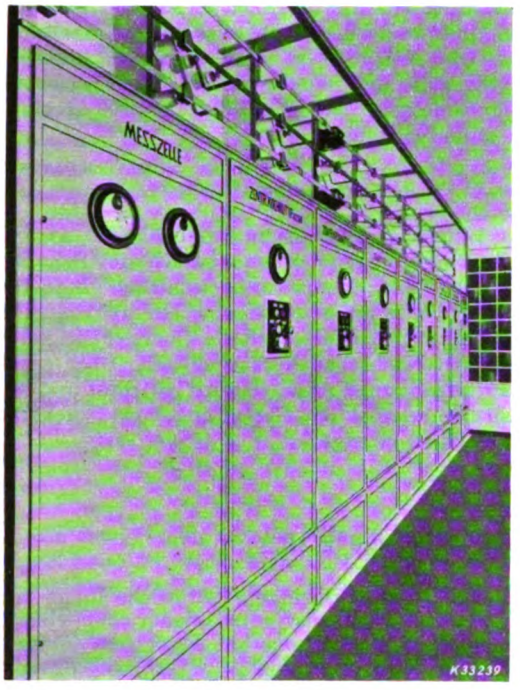


Abb. 7. Ansicht der Bedienungsseite einer Druckgasschalter-Anlage für 3 kV Betriebsspannung mit Einfachsammelschiene und Lichtbogenschutz.

gebiet gefunden und auch ihre Zuverlässigkeit unter Beweis gestellt. In Übereinstimmung hiermit kann gesagt werden, daß diese guten Erfahrungen ebenso beim Betrieb von Druckgasschaltern gemacht worden sind, von

Abb. 8. Ansicht einer fahrbaren Druckgasschalter-Anlage für 3 kV Betriebsspannung.

denen sich eine nicht geringe Anzahl schon seit rd. sechs Jahren ununterbrochen in Betrieb befindet, ohne daß irgendwelche Anstände sich in der Druckluftanlage bemerkbar gemacht hätten. Es ist auch noch kein Fall bekannt geworden, wo sich jemals Löschmittelmangel eingestellt hätte und dadurch eine Gefährdung in der Bedienung des Schalters vorübergehend eingetreten wäre. Durch reichliche Bemessung der Luftspeicheranlage, durch zweckentsprechende Auswahl und Größe der Drucklufterzeuger wird die Betriebssicherheit unbedingt gewährleistet.

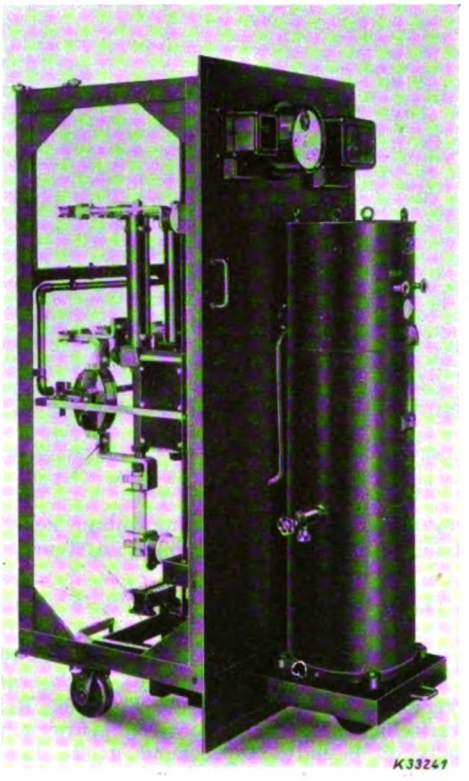


Abb. 9. Schaltwagen der in Abb. 8 dargestellten Anlage, herausgefahren.

Abb. 10 zeigt schematisch die Anordnung einer Drucklufterzeugungs-, Speicher- und Verteilungsanlage. Bei einer größeren Anzahl von Druckluftschaltern wählt man für die Speicheranlage gewöhnlich zwei Vorbehälter, um die Möglichkeit der Nachschau und Reinigung eines Behälters während des Betriebes zu haben. Bei Entnahme

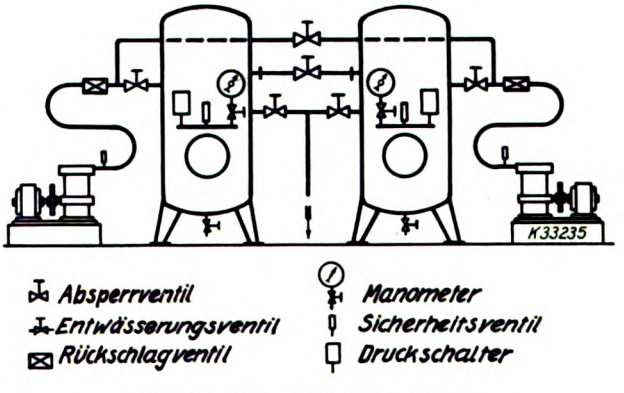


Abb. 10. Schema einer Druckluftanlage.

größerer Luftmengen arbeiten durch zweckentsprechende Einstellung der Druckschalter an den Speichern beide Kompressoren gemeinsam, wodurch die Nachfüllzeit auf ein zulässiges Mindestmaß herabgesetzt wird. Wird zum Schalten wenig Luft aus der Speicheranlage entnommen, so wird die entnommene Luftmenge gewöhnlich nur durch einen Drucklufterzeuger nachgefüllt. Um das größte Maß der Öl- und Wasserabscheidung zu erreichen, wählt man die Hintereinanderschaltung der beiden vorgesehenen Luftspeicher, läßt beide Kompressoren auf einen Behälter

Digitized by Google

arbeiten und entnimmt aus dem anderen die ganz trocken gewordene Luft. Erfahrungen zeigen, daß bei richtiger Gestaltung der Drucklufterzeugungsanlage selbst in solchen Betrieben, wo mit relativ großer Luftfeuchtigkeit zu rechnen ist, aus dem einzelnen, jedem Druckgasschalter zugeordneten Speicher bisher so gut wie keine flüssigen Rückstände entnommen werden konnten. Damit steht fest, daß der Betrieb der Druckgasschalter mit praktisch trockener Luft vor sich geht, so daß von Verschmutzungen der Ventile und geringer Lebensdauer derselben nicht gesprochen werden kann. Abb. 11 zeigt eine Druckgaserzeugungs-Anlage, die für die Versorgung von im ganzen 22 Druckgasschaltern der Reihe 10 und 20 mit einer Abschaltleistung von 200 bzw. 250 MVA dient. Insbesondere ist auf eine einfache und übersichtliche Gestaltung Wert gelegt. Die Anlage wird abhängig vom Speicherdruck selbstätig aus- und eingeschaltet; die Antriebsmotoren sind so bemessen, daß die Kompressoren gegen vollen Druck anlaufen können.

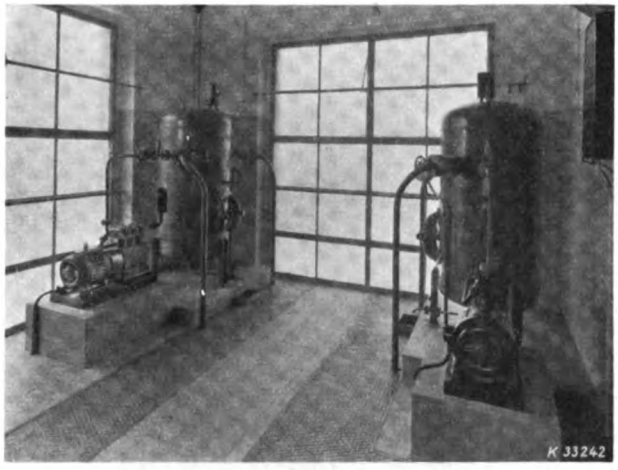


Abb. 11. Ansicht einer Drucklufterzeugungs-Anlage für etwa 20 Druckgasschalter Reihe 10, 200 MVA.

Zusammenfassung.

An Hand von Ausführungsmöglichkeiten wird die einheitliche Durchbildung der Druckgasschalter-Schaltanlagen mit Einfach- oder Doppelsammelschienen in fester Bauweise und bei Raumbeschränkung in fahrbarer Anordnung gezeigt. Besonders wird die Übersichtlichkeit in Bedienung und Nachschau hervorgehoben. Über zugehörige Durchlufterzeugungs-Anlagen wird berichtet und an einem Ausführungsbeispiel die Gestaltung von Drucklufterzeugungs-Anlagen gezeigt.

1′ D_0 1′-Reichsbahn-Schnellzuglokomotive Reihe E 18.

621. 335. 2.

Im vergangenen Jahre hat die Deutsche Reichsbahn neue elektrische Schnellzuglokomotiven[1]) für erhöhte Fahrgeschwindigkeit[2]) und entsprechend große Leistung in größerer Zahl bauen lassen. Es handelt sich um die Lokomotiven der Gattung E 18 mit der Achsanordnung 1′ D_0 1′, welche für eine Betriebsgeschwindigkeit von 140 km/h gebaut sind, aber für 150 km/h Höchstgeschwindigkeit ohne weiteres verwendet werden können. Die Lokomotive hat ein Dienstgewicht von 108 t, das sich mit je 20 t auf die vier Treibachsen und mit je 14 t auf die beiden Laufachsen verteilt. Trotz großer Leistung ist gegenüber älteren Lokomotiven erheblich an Gewicht gespart worden. Der Lokomotivrahmen ist bis zum Trittblech und einschließlich desselben als Schweißkonstruktion hergestellt. Der Wagenkasten ist mit Rücksicht auf die verhältnismäßig hohe Betriebsgeschwindigkeit von 140 bis 150 km/h in Stromlinienform hergestellt.

Sämtliche Achsen der Lokomotive sind beweglich, und zwar können die vier Treibachsen einen Ausschlag von 15 mm aus der Mitte nach jeder Seite ausführen. Die Laufachsen sind mit den benachbarten Treibachsen in Krauß-Helmholtz-Gestellen gelagert und können nach jeder Seite um 100 mm ausschwenken. Jede Treibachse wird durch einen darüber gelagerten Fahrmotor mittels doppelseitiger Zahnräder ohne Federung angetrieben. Jedes Ritzel arbeitet auf ein dazugehöriges schräg verzahntes Zahnrad der Hohlwelle. Das Drehmoment wird von der Hohlwelle auf die Treibräder (1600 mm Dmr.) durch in Töpfen gelagerte Federn, wie bereits bei älteren Lokomotiven ausgeführt, übertragen.

Die Fahrmotoren stimmen mit denen der 1 C_0 1-Schnellzuglokomotiven überein. Die Leistung der Lokomotive beträgt dauernd 4000 PS bei 130 km/h (Dauerleistung nach den Erwärmungsvorschriften R.E.B. des VDE). Die Leistung kann vorübergehend zur Beschleunigung oder Überwindung kürzerer Steigungen auf 4800 PS bei 120 km/h Fahrgeschwindigkeit gesteigert werden. Es hat sich gezeigt, daß bei 100 km/h Fahrgeschwindigkeit 5000 PS ohne Gleiten der einzeln angetriebenen Achsen mit Sicherheit abgegeben werden können.

Die Lokomotive mußte mit einer Bremse ausgerüstet werden, die imstande ist, den Zug aus einer Geschwindigkeit von 140 km/h auf eine Entfernung von weniger als 1000 m zum Stehen zu bringen. Sämtliche Räder, auch die der führenden Laufachse, sind daher doppelseitig abgebremst. Die Abbremsung bei den hohen Geschwindigkeiten wurde auf 180 % bei den Treibachsen, 150 % bei der jeweilig nachlaufenden Laufachse gesteigert, während die jeweilig vorn laufende Laufachse nur mit 50 % abgebremst wird. Zur Vermeidung von Festbremsungen wird bei einer Geschwindigkeit von 55 km/h durch einen von einer Achse aus angetriebenen Fliehkraftregler die Abbremsung auf den bisher üblichen Betrag von 80 % herabgesetzt. Für die Lokomotive allein hat sich aus zahlreichen Versuchen bei Schnellbremsung aus 150 km/h Fahrgeschwindigkeit ein Bremsweg von 950 m ergeben. Selbst bei stärkster Bremsung und bei nassem Wetter ist keinerlei Schleifen der Treibachsen eingetreten. Die Bremsungen vollzogen sich vollkommen stoßfrei. Der Übergang von der starken zur schwachen Bremsung war nicht zu bemerken.

Als Hauptschalter wurde ein Druckgasschalter verwendet, welcher bei einer Hochspannung von 15 000 V einen Strom von 8000 A einwandfrei abschaltet. Sein Gewicht beträgt betriebsfertig einschließlich Gesamtausrüstung 330 kg. Der Hauptumspanner ist als Manteltransformator mit Ölumlaufkühlung ausgeführt. Bei Ausnutzung der Grenzerwärmung der Wicklungen nach R.E.B. von 80 ° besitzt der Hauptumspanner eine Nennleistung von 2920 kVA. Der Leerstrom beträgt 6 A bei 15 kV. Der Umspanner wiegt einschließlich Öl und Kühler, Ölpumpe und Ölleitungen, jedoch ohne Lüfter, 8050 kg.

Die Steuerung ist, wie bei allen neueren Reichsbahnlokomotiven, als Feinreglersteuerung ausgebildet, und zwar mit 15 Hauptstufen. Wegen des großen Leistungsbereiches der Lokomotive sind jedoch die Zwischenstellungen der 15 Hauptstufen als Anfahrstufen für eine Benutzungsdauer von 30 s zu verwenden. Abweichend von der bisherigen Gepflogenheit wird die Steuerung vom Führer nicht durch Drehen eines Handrades betätigt. Der Führer hat vielmehr einen Sitzplatz erhalten. Infolgedessen mußte zu einer motorisch angetriebenen Steuerung gegriffen werden. Die Steuerwalze wird durch einen Griff betätigt. Das Auf- und Abschalten kann nach Belieben langsam oder schnell erfolgen. Die Betriebserfahrungen und Versuchsergebnisse haben gezeigt, daß man mit der E 18-Lokomotive D-Züge von 650 t Gewicht mit derselben Geschwindigkeit befördern kann, mit welcher heute die FD-Züge von 250 t Gewicht bei Dampfbetrieb gefahren werden.

ou.

[1]) W. Kleinow, Elektr. Bahnen 12 (1936) S. 129.
[2]) ETZ 56 (1935) S. 805; 57 (1936) H. 38, S. 1074.

Digitized by Google

Schutz des Betriebspersonals in Hochspannungs-Schaltanlagen.

Von H. Probst VDE, Berlin.

621. 316. 26. 007. 2 : 614. 8

Übersicht. In der heutigen Zeit kann man es mehr denn je verstehen, daß die vom Studium kommenden Ingenieure sich schnell aktiv an der Weiterentwicklung der Elektrotechnik beteiligen möchten. Kennen die Ingenieure das zu ihrem Fach gehörende Weltschrifttum nicht, so laufen sie Gefahr, etwas zu erfinden, was längst der Vergangenheit angehört. Alle Arbeiten und selbst geldliche Opfer sind umsonst gewesen, und zurück bleibt nur eine bittere Enttäuschung. Vor dieser Enttäuschung möchte ich meine jungen Kameraden bewahren, indem ich die in der letzten Zeit des öfteren an mich gerichtete Frage: „Was hat der deutsche Ingenieur bisher zum Schutze des Betriebspersonals bei dem Aufbau der Hochspannungs-Schaltanlagen getan?“ in den nachstehenden Ausführungen beantworte.

Die Ausführungen sollen zeigen, daß für den deutschen Schaltanlagenbauer der Schutz des Bedienungspersonals schon seit etwa 30 Jahren der leitende Gesichtspunkt bei der Planung von Hochspannungsanlagen ist. Die im Folgenden angegebenen Jahreszahlen sind nach dem Gedächtnis niedergeschrieben, aber absichtlich so festgelegt, daß die im Aufsatz geschilderten Neuerungen eher früher als angegeben, nicht aber später erstmalig ausgeführt wurden. Siehe auch Jahresbericht der Betriebsdirektion der Bewag aus dem Jahre 1926.

In der letzten Zeit ist des öfteren wieder die Frage aufgetaucht, ob in Deutschland bei der Errichtung von Hochspannungs-Schaltanlagen auf den Schutz des Betriebspersonals vor Unfällen genügend Rücksicht genommen wird. Da ich Gelegenheit hatte, die Entwicklung der Hochspannungs-Schaltanlagen in den letzten 40 Jahren mitzuerleben, möchte ich mich zu der obigen Frage verschiedenen Wünschen entsprechend äußern.

Abb. 1. Hochspannungsschaltanlage alter Form.

Die deutschen Ingenieure hatten sehr bald die Gefahren erkannt, denen das Betriebspersonal bei der Bedienung von Hochspannungs-Schaltanlagen ausgesetzt war, und fanden auch die nötigen Mittel, um diese Gefahren zu beseitigen bzw. auf ein Mindestmaß zu beschränken. Schon

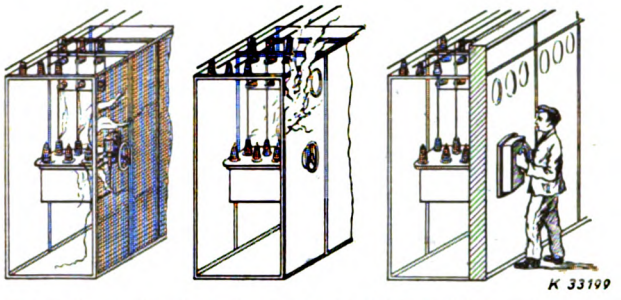


Abb. 2 bis 4. Schutzwände aus Drahtgeflecht, Vollblech und feuerfestem Baustoff bei älteren Anlagen.

im Jahre 1898 wurden die ausfahrbaren Sicherungen und im Jahre 1902 die ausziehbaren Schaltfelder entwickelt. Diese hatten für das Betriebspersonal den Vorzug, daß alle Schaltgeräte eines Stromkreises, die beispielsweise nachgesehen werden sollten, unter allen Umständen erst aus der Nähe der spannungführenden Teile entfernt werden mußten, bevor sie überhaupt zugänglich wurden. Da ich über die Entwicklung der ausziehbaren Schaltfelder bereits[1]) ausführlich berichtet habe, so brauche ich an

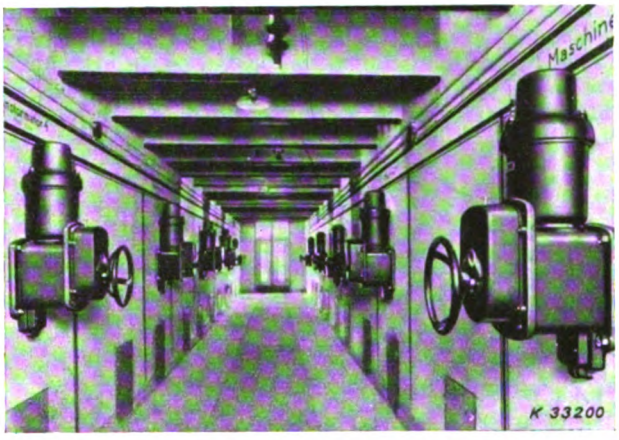


Abb. 5. Anordnung der Ölschalterantriebe in einem besonderen Bedienungsgang auf einer Mauer.

dieser Stelle nicht mehr darauf einzugehen. In einer im Jahre 1911 erschienenen deutschen Firmen-Druckschrift „Moderne Schaltanlagen“ steht folgendes geschrieben: „Die Aufgabe eines Schalttafelkonstrukteurs besteht darin, daß er alle zur Kontrolle eines Stromkreises gehörenden Apparate zu einem Ganzen gruppiert. Dieses Ganze soll sein g e f a h r l o s u n d b e q u e m in der Bedienung, übersichtlich in der Anordnung und zuverlässig im Betriebe.“ Aus dem letzten Satz geht schon hervor, daß der Konstrukteur für Schaltanlagen darauf hingewiesen wurde, bei dem Entwerfen einer Hochspannungs-Schaltanlage auf den Schutz des Betriebspersonals in e r s t e r L i n i e Rücksicht zu nehmen. Wie die deutschen Ingenieure diese Forderung in der geschichtlichen

[1]) H. Probst, ETZ 49 (1928) S. 1285.

Digitized by Google

Entwicklung bei mittleren und größeren Anlagen erfüllten, sollen die nachstehenden, in sechs Abschnitte unterteilten Ausführungen zeigen.

1. Schutz des Personals während der Bedienung der Hochspannungsschalter.

Betrachtet man das Bild einer älteren Hochspannungs-Schaltanlage, Abb. 1, dann findet man, daß keine Vorrichtungen getroffen sind, welche das Bedienungspersonal vor

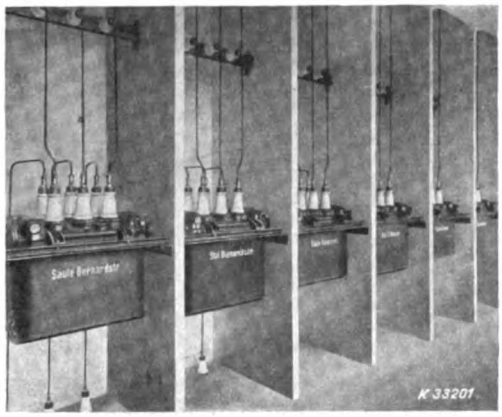


Abb. 6. Einbau der Ölschalter in Schaltzellen aus feuerfestem Werkstoff.

Berührung der spannungführenden Teile schützen. Als die zuerst verwendeten Hochspannungs-Luftschalter und auch die Sicherungen allmählich durch Ölschalter mit Freilaufkupplung ersetzt wurden, geschah der Einbau der letzteren vorwiegend in der Weise, wie die Abb. 2 bis 4 zeigen. Vorher wurden die Ölschalter auf ein Eisengerüst ge-

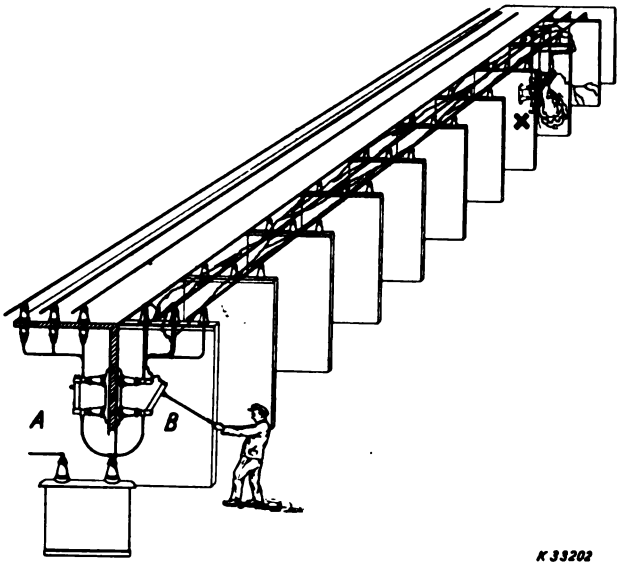


Abb. 7. Wanderung eines Hochspannungslichtbogens in einer Schaltanlage ohne Lichtbogenschutz.

setzt und eine an diesem Gerüst angebrachte Holzstange als ausreichender Schutz während der Bedienung des Schalters betrachtet. Alsdann versuchte man das Bedienungspersonal bei dem Bedienen des Ölschalters vor den spannungführenden Teilen durch Drahtgeflechte zu schützen, Abb. 2. Da die Ölschalter älterer Bauarten mit dünnen Ölbehältern hin und wieder zu Feuererscheinungen neigten, wurden die Drahtgeflechte durch Vollbleche, Abb. 3, und später durch feuerfeste Wände ersetzt, Abb. 4 (ausgeführt beim MEW Hegermühle im Jahre 1911). Bei großen Anlagen bestanden die Wände, auf welchen die Ölschalterantriebe befestigt waren, aus Mauerwerk oder Beton, Abb. 5. Die Ölschalter selbst wurden in feuersicheren Kammern untergebracht, deren Türen ins Freie führten (ausgeführt beim Kraftwerk Altwürttemberg im Jahre 1914).

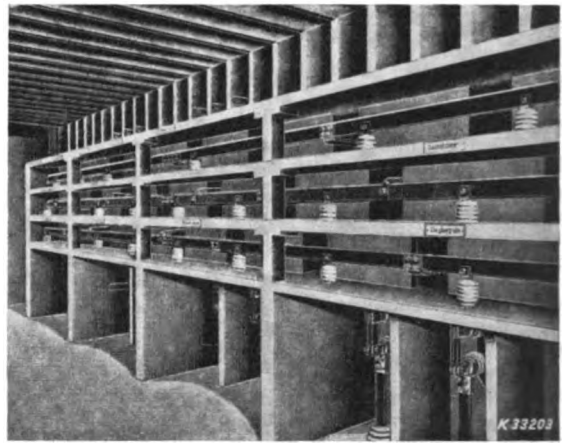


Abb. 8. Feuerfeste Kapselung der einzelnen Phasen des Drehstromsystemes.

2. Schutz des Personals während der Arbeit in einer Hochspannungszelle vor Störungen, die in einer eingeschalteten Nachbarzelle auftreten können.

In der ersten Zeit der Entwicklung der Hochspannungs-Schaltanlagen begnügte man sich zum Schutze gegen die benachbarten Zellen mit der Anwendung von tragbaren Zwischenwänden. Diese wurden dann später durch feste Zwischenwände aus Glas, Drahtgeflecht, Schieferplatten, Blechplatten und am meisten durch feuerfeste Platten ersetzt, da die letzteren den sichersten und besten Schutz bieten, Abb. 6. Jedenfalls hat man mit den feuerfesten Zwischenwänden schon seit dem Jahre 1905 die allerbesten Erfahrungen gesammelt.

3. Schutz des Personals während der Arbeit in einer Hochspannungszelle vor den Gefahren, die durch einen wandernden Lichtbogen von den Sammelschienen her in der Zelle entstehen können.

Zieht das Betriebspersonal einen Trennschalter unter Last, so besteht die Möglichkeit, daß der entstehende Lichtbogen infolge der Schleifenwirkung an den Sammelschienen weiterwandert und in irgendeiner, in der Abb. 7 z. B. mit einem Kreuz bezeichneten Zelle Unheil anrichtet. Würden zufällig in diesem Felde Ergänzungsarbeiten vorgenommen, dann wäre das Betriebspersonal gefährdet. Um die Wanderung des Lichtbogens zu verhindern, wurden die Sammelschienen als wichtiger Teil der Schaltanlage schon vor dem Jahre 1905 so angeordnet, wie es Abb. 8 zeigt. Diese Ausführungsart wurde seit dem Jahre 1908 durch die billigere und übersichtlichere Ausführungsart nach Abb. 9 ersetzt.

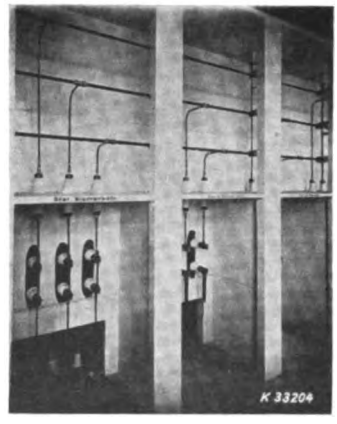


Abb. 9. Anordnung einer Durchführungsplatte zwischen Schaltzelle und Sammelschiene zur Verhinderung der Lichtbogenwanderung.

Die Abb. 10 zeigt einige heute angewendete Sammelschienenanordnungen, die eine Lichtbogenwanderung von der einen Zelle in die andere verhindern sollen. Aber nicht

Digitized by Google

allein in Deutschland, sondern auch in Amerika und in England hat man seit langer Zeit Mittel[2]) angewendet, um eine Wanderung des Lichtbogens von der einen Zelle in die andere zu verhindern. Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch auf einen anderen Punkt aufmerksam machen. Es ist vielfach die Ansicht verbreitet, daß ein in der

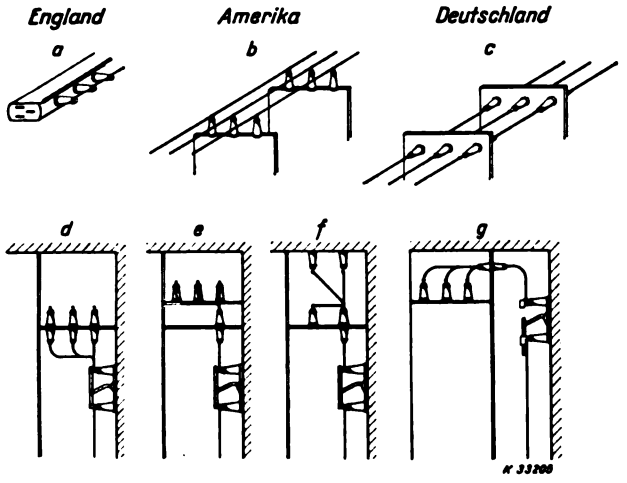


Abb. 10. Verschiedene Ausführungen des Sammelschienen-Lichtbogenschutzes.

Schaltanlage entstandener Lichtbogen wohl nach oben oder vielleicht nach der einen Seite, aber niemals nach unten weiterwandern würde. Der Lichtbogen geht aber ebenso gern nach unten wie nach oben, wenn der Strom groß genug ist, um die Stromschleifen vorwärts treiben zu können. Die Abb. 11 zeigt z. B. eine in einem Kraft-

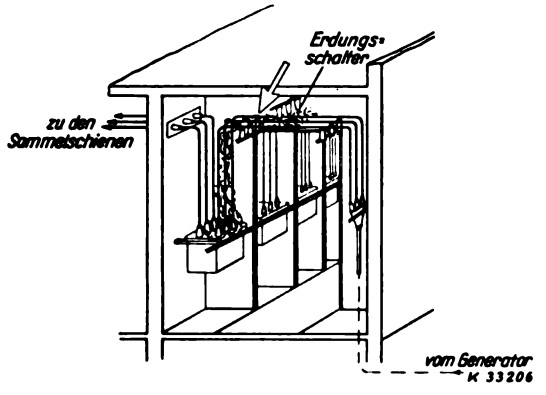


Abb. 11. Wanderung eines Hochspannungslichtbogens in Richtung auf einen unterhalb des Trennschalters angeordneten Ölschalter.

werk im Jahre 1913 beobachtete Wanderung des Lichtbogens von der Decke (verursacht durch falsches Ziehen eines Erdungsschalters) zu dem tiefer liegenden Ölschalterdeckel. Der Lichtbogen zerstörte den Ölschalter dermaßen, daß die eine Gruppe des Schalthauses ganz verqualmte. Nach diesem Vorfall, den ich persönlich beobachten konnte, kann meiner Ansicht nach der einfache Deckeneinbau eines Ölschalters keine sichere Gewähr dafür bieten, daß der Sammelschienenraum nicht eines Tages verqualmen kann.

4. Schutz des Betriebspersonals während der Bedienung der Trennschalter.

Bei den mehrstöckigen Schaltanlagen lagen in den meisten Fällen die Trennschalter unterhalb der Sammelschienen in so geringer Höhe, daß das Betriebspersonal bei der Bedienung der Trennschalter durch eine Schaltstange oder durch ein Handrad infolge der Schleifenwirkung des beim fehlerhaften Schalten entstehenden Lichtbogens ernstlich gefährdet wurde. Diese Tatsache gab Veranlassung dazu, die dreipoligen Trennschalter entweder vom Ölschalter-Bedienungsgang aus zu schalten, wie die Abb. 12 links unten zeigt (ausgeführt bei der Dortmunder Union im Jahre 1910) oder aber das Handrad des Trennschalters so anzuordnen, wie im rechten Bilde der Abb. 12 oben sichtbar ist (ausgeführt bei dem Kraftwerk Lauta 1915 sowie Chorzow und Kraftwerk Ahlem der Preußag). Für den Schutz des Betriebspersonals ist es noch sehr wichtig, daß die hier und da einer Überwachung bedürfenden Meß- und Signalklemmen aus dem Bereich der Hochspannung führenden Leitungen entfernt werden. Die Abb. 13 zeigt z. B. die falsche und Abb. 14 die richtige Anordnung der Hilfskontakte für Meß- und Signalzwecke (ausgeführt bei der Bewag im Jahre 1927). Um das Personal weiter vor Irrtümern zu schützen, müssen

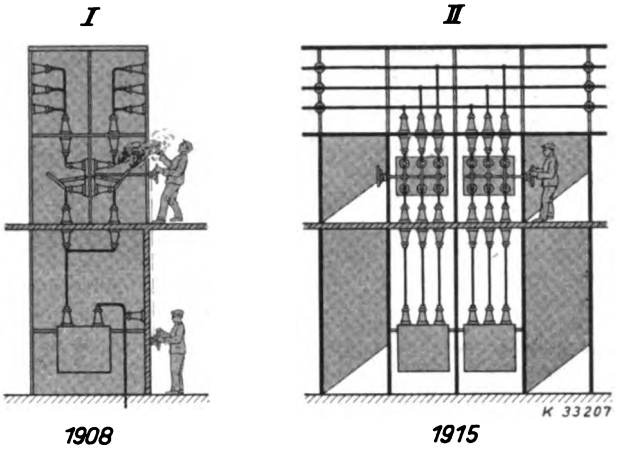


Abb. 12. Verschiedene Anordnungen des Trennschalterantriebes.

bei der Anwendung von Verriegelungen zwischen Trennschalter und Ölschalter bei Anordnung mehrerer Sammelschienen auch die Kupplungsschalter in den Bereich des Schutzes eingeschlossen werden. Hierbei handelt es sich um Ausführungsarten, welche die Berliner El.-W. in Moabit im Jahre 1926 und die Städtischen Elektrizitätswerke München im Jahre 1927 anwendeten.

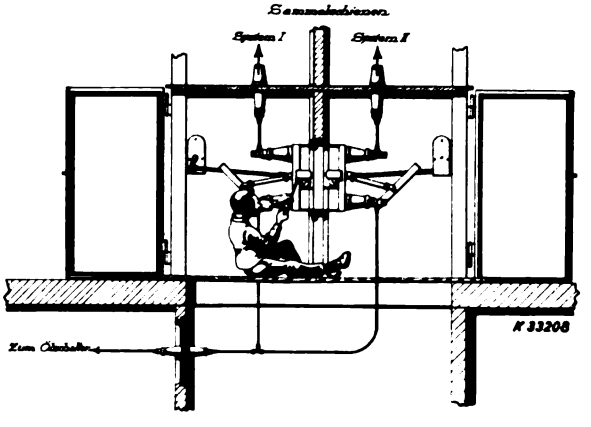


Abb. 13. Arbeiten an den Trennschalter-Hilfskontakten innerhalb der Hochspannungszelle.

5. Schutz des Personals vor dem Betreten einer Zelle, deren Geräte noch unter Spannung stehen.

Bei den mehrstöckigen Schalthäusern war es vielfach nicht möglich, die Trennschalter, die vor und hinter dem Ölschalter liegen, von der Hochspannungszelle aus sichtbar zu machen. Aus diesem Grunde wurden bei der im Jahre 1910 errichteten Schaltanlage Bremen-Hastedt die in der Abb. 15 sichtbaren, zu einem Stromkreis gehörenden einpoligen Trennschalter je mit einem Signalkontakt

[2]) In England durch Vergießen der Sammelschienenkästen, in Amerika durch Isolieren der Leitungen.

Digitized by Google

versehen. Die Signalkontakte der sechs einpoligen Trennschalter (drei vor und drei hinter dem Ölschalter) wurden mit einer Lampe hintereinandergeschaltet. Neben der Tür einer Ölschalterzelle zeigte diese Lampe durch ihr Brennen an, daß der Ölschalter spannungsfrei war und daher die Hochspannungszelle vom Betriebspersonal ohne Gefahr betreten werden konnte. Dieses in Bremen schon im Jahre 1910 angewendete Verfahren benutzte auch die Bewag im Jahre 1926 bei ihren neuen Umspannwerken. Statt der einpoligen Trennschalter wurden jedoch dreipolige Bauarten verwendet, die elektrisch von der Warte aus gesteuert wurden. Bei diesen dreipoligen Trennschaltern hatte jedes Schaltmesser einer Phase einen Signalkontakt, so daß die Rückmeldung ganz einwandfrei war. Wenn man nicht jede Phase mit einem Signalkontakt versieht, dann besteht die Gefahr einer Falschmeldung, wenn durch den Bruch eines Isolators ein Messer nicht ausgeschaltet wird.

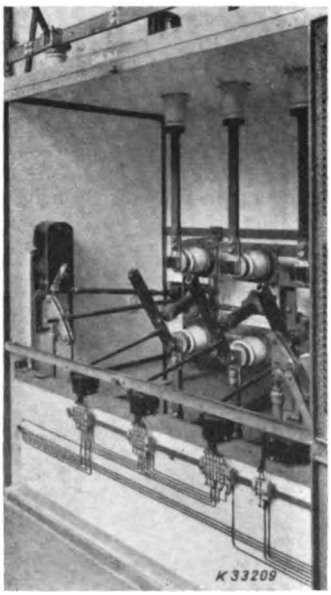


Abb. 14. Anordnung der Trennschalterhilfskontakte außerhalb der Hochspannungszelle.

6. Schutz des Betriebspersonals durch einen übersichtlichen Aufbau der Schaltanlage.

Eine übersichtliche Gruppierung aller Apparate in einer Schaltanlage trägt wesentlich zum Schutze des Betriebspersonals bei. Diese Tatsache erläutert mein früher erschienener Aufsatz mit der Überschrift: „Ein- oder mehrstöckige Schalthäuser“[3]). Die in diesem Aufsatz enthaltenen und in Abb. 16 wiedergegebenen Querschnitte

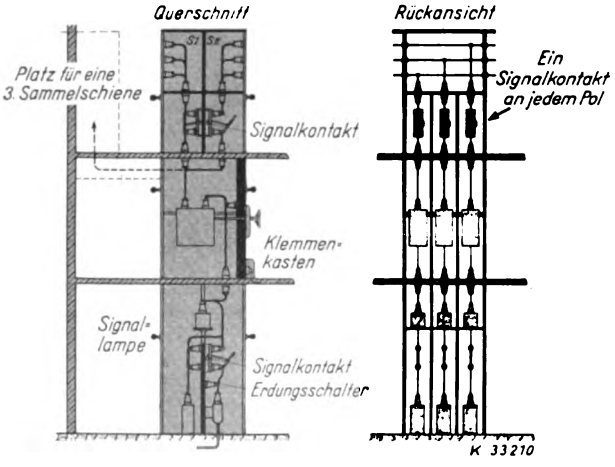
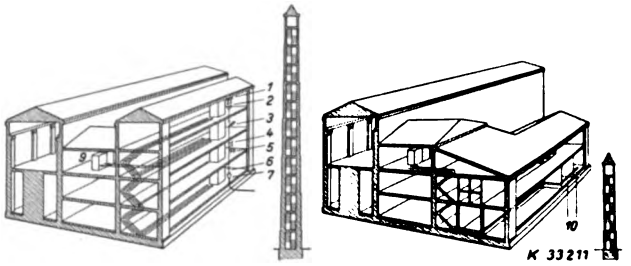


Abb. 15. Anordnung von Warnlampen vor den Hochspannungszellen und Anbringen je eines Hilfskontaktes an jedem der drei Trennschalterpole.

durch zwei Schalthäuser zeigen deutlich den Unterschied in den Bedienungswegen, die das Personal bei der einen bzw. anderen Anordnung zurückzulegen hat. Das Höchstmaß an Übersicht erreichte man jedoch durch eine Anordnung, die in der Abb. 17 dargestellt ist und die

[3]) H. Probst, ETZ 42 (1921) S. 585.

für die 25 kV-Seite der Schaltanlage des Großkraftwerkes Goldenberg-Werk im Jahre 1912 vorgesehen war. Praktisch ausgeführt wurde diese Anordnung jedoch 1914 bei der 100 kV-Anlage des obigen Kraftwerkes. Die Gruppierung zweier Ölschalter zu einem Block, der von zwei Seiten zugänglich ist, erfordert mehr Platz in der Länge, ver-



1 = Sammelschienen
2 = Trennschalter
3 = Ölschalter
4 = Stromtransformator
5 = Spannungstransf.
6 = Trennschalter
7 = Kabelendverschluß
9 = Meßinstrumententafel
10 = Kammern für Ölschalter, Strom- und Spannungstransformatoren, sowie Kabeltrennschalter

Abb. 16. Darstellung des Bedienungsweges bei Untersuchung eines Hochspannungsabzweiges in der vielstöckigen Schaltanlage (links) und desselben Weges bei der nur zweistöckigen Schaltanlage (rechts). Die Treppentürme versinnbildlichen die zu bewältigende Steigeleistung.

meidet aber am leichtesten Verwechslungen in den Zellen, und man kann sich vor Betreten der Zelle leicht davon überzeugen, daß die Trennschalter an der Sammelschiene oder an dem Kabel richtig abgeschaltet sind. Die

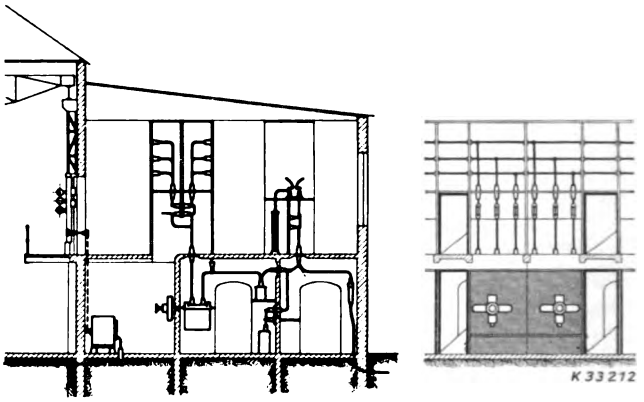


Abb. 17. Zweistöckige, gut übersichtliche Anordnung der Hochspannungs-Schaltanlage.

Sichtbarmachung der Trennschalter von den Ölschalterkammern aus hat also schon ein fast 25jähriges Jubiläum hinter sich.

Der Vollständigkeit halber sei noch eine Idee des bereits verstorbenen Prof. Kübler erwähnt. Dieser ließ alle Hochspannungsschaltgeräte einschließlich Eisengerüst und Bedienungsgang von Erde isolieren, damit das Betriebspersonal eine blanke Leitung ohne Lebensgefahr mit der Hand anfassen konnte. Derartige Anlagen wurden erstmalig und gleichzeitig zum letzten Male im Jahre 1912 bei dem E. W. Gröba ausgeführt.

Zusammenfassung.

Aus den obigen Abbildungen und Ausführungen gehen diejenigen Maßnahmen hervor, die man bei dem jeweiligen Entwicklungsstand unserer Hochspannungs-Schaltanlagen anwandte, um das Bedienungspersonal solcher Anlagen vor Schaden zu bewahren. Um Mißverständnisse zu verhüten, kann noch hinzugefügt werden, daß die Wahl des Leistungsschalters wenig mit der Zahl der Unfälle in Schaltanlagen zu tun hat, wenn der Schalter seiner Konstruktion entsprechend eingebaut wird. Die Vorteile der in den letzten Jahren entwickelten öllosen oder ölarmen Schalter liegen in der Hauptsache auf anderen Gebieten.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 3—85 **Zur Frage der Windkraftwerke.** — Neuerdings ist die Frage der Windkraftausnutzung wieder aufgetaucht, doch sind Fortschritte in der Erkenntnis der Ausnutzungsmöglichkeit nicht zu verzeichnen. Daher wird von vielen einflußreichen Seiten die Ausnutzung der Windkraft abgelehnt. Hier Klarheit zu schaffen, wenn angängig auch die Grundlagen für den Bau von Windkraftwerken zu prüfen, ist die Aufgabe der Windkrafttechnischen Gesellschaft.

Ein Körper von der Masse $m = \frac{G}{g}$ mit der Geschwindigkeit v besitzt ein Arbeitsvermögen von $A = \frac{m v^2}{2}$. Da das Gewicht der Luft $G = 1{,}22$ kg/m³ beträgt, hat eine Luftmenge $V = 1$ m³ ein Arbeitsvermögen von

$$A = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{1{,}22}{9{,}81} \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{1}{16} v^2 \text{ in kgm.}$$

Dieses Arbeitsvermögen kann man nicht vollständig ausnutzen. Strömt der Wind mit einer Geschwindigkeit von v_1 gegen die Flügel einer Windmühle und hat er, nachdem er den Flügelraum durchströmt hat, noch die Geschwindigkeit v_2, so ist das Arbeitsvermögen vor den Windflügeln (für 1 m³ Luft)

$$A_1 = \frac{m}{2} v_1^2$$

und das Arbeitsvermögen hinter den Flügeln

$$A_2 = \frac{m}{2} v_2^2.$$

An die Windflügel abgegeben ist also je 1 m³ Luft die Arbeit

$$L = A_1 - A_2 = \frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2).$$

Die Luftmenge, welche durch die Kreisfläche F der Windflügel strömt, ist $m = \varrho v_m F$, wobei v_m die mittlere Windgeschwindigkeit im Flügelraum und $\varrho = \frac{G}{g}$ die Dichte der Luft ist. Es ist $v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$.

Der Wind wirkt auf die Windflügel mit der Kraft K und die Arbeit dieser Kraft wird

$$L = K v_m.$$

Es ist also

$$K v_m = \frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2),$$

$$K \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2),$$

so daß $K = m (v_1 - v_2)$ wird.

Da die die Windflügel durchströmende Masse

$$m = \varrho v_m F = \varrho \frac{\pi D^2}{4} \frac{v_1 - v_2}{2}$$

ist, so wird

$$L = \frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2) = \frac{\varrho}{4} (v_1^2 - v_2^2) (v_1 + v_2) F.$$

Strömt die Luft ohne Arbeitsabgabe durch den Flügelraum, so wird die Arbeit

$$L_0 = \frac{\varrho}{2} v_1^2 \cdot v_1 F = \frac{\varrho}{2} v_1^3 F,$$

und es ist

$$\frac{L}{L_0} = \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right] \left[1 + \frac{v_2}{v_1}\right].$$

L_0 ist abhängig von v_1 und F; L dagegen auch von $\frac{v_2}{v_1}$. Rechnet man nach der obigen Gleichung $\frac{L}{L_0}$ verschiedene Werte von $\frac{v_2}{v_1}$ aus, so erhält man die in Abb. 1 dargestellte Kurve, die für $\frac{L}{L_0}$ den größten Wert $\frac{16}{27}$ ergibt, wenn $\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{3}$ wird. Die größte Leistung, die aus einer Windmühle mit einem Flügelkreisdurchmesser von D in m bei einer Windgeschwindigkeit von v in m/s zu erzielen ist, ist also

$$L_{max} = \frac{16}{27} \frac{m v^2}{2} \frac{\pi D^2}{4} \frac{\text{kgm}}{\text{s}}.$$

Da $m = \frac{G}{g} = \frac{1{,}22}{9{,}81} = \frac{1}{8}$ ist, so wird

$$L_{max} = \frac{v^3}{27} \frac{\pi D^2}{4} = 0{,}000\,285\, v^3 D^2 \text{ in kW.}$$

Bei einem aerodynamischen Wirkungsgrad von 70 % und einem mechanischen von 85 bis 90 % errechnet sich hiernach der Flügelkreisdurchmesser einer Windmühle, die eine Leistung von 2000 kW bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 9 m haben soll, zu

$$D = \sqrt{\frac{2000}{0{,}000\,285 \cdot 9^3 \cdot 0{,}6}} = 126 \text{ m.}$$

Die alten Windmühlen haben hiergegen einen Flügelkreisdurchmesser von 22 bis 24 m.

Bei der Berechnung eines Turmes für eine derartige Windmühle ist zu beachten, daß auf ihn nicht nur der Seitendruck des Windes wirkt, sondern daß auch auf der Spitze dieses Turmes das Gewicht der Windmühle pendelt. Der Turm ist daher als eingespannte Feder zu betrachten, bei der auf die Spitzenlast die Windstöße, die einen Druck bis zu 200 kg/m² ausüben können, wirken. Diese dynamische Einwirkung der auf der Spitze des Turmes pendelnden Last, die etwa 300 t betragen mag, ist sehr beachtlich. Die von dem Turm aufzunehmende Arbeit wird $A = 2Pf$, wenn f der Ausschlag an der Turmspitze ist. Die Zeit einer vollen Federschwingung wird

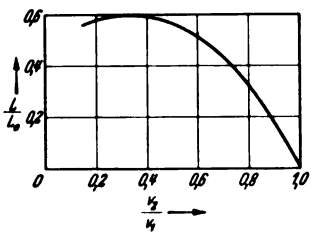


Abb. 1.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}},$$

worin

$$m = \frac{G}{981} = 305, \quad c = \frac{P}{f}$$

die Federkonstante, d. i. die Kraft, die zum Ausschlag von 1 cm erforderlich ist. Der Druck P des Windes auf die Windmühle wird bei 200 kg/m² etwa 400 000 kg betragen. Es wird dann

$$c = \frac{P}{f} = 40\,000$$

$$T = 0{,}546 \text{ s (für } {}^1/_4 \text{ Schwingung } t = 0{,}1365 \text{ s)}$$

$$A = 80\,000 \text{ kgm}$$

$$L = 576\,000 \text{ kgm/s} = 5750 \text{ kW.}$$

Bevor der Ingenieur an die Entwurfsarbeit gehen kann, muß der Meteorologe in Tätigkeit treten. Es muß festgestellt sein, daß ausreichend Wind zum Betriebe des Windkraftwerkes und zur wirtschaftlichen Arbeitsabgabe vorhanden ist. In seinem Werke: „Die Windenergie über der norddeutschen Tiefebene" hat Prof. Dr. Wenk die in Abb. 2 dargestellte Linie über die Windhäufigkeiten gegeben und daraus die mögliche Jahresarbeit für eine Windradfläche von 2000 m² ermittelt. Bei Ausnutzung der Windgeschwindigkeiten von 6 bis 13 m ergeben sich danach nur 7000 Arbeitsstunden und 1760 Ruhestunden oder

Digitized by Google

73 Tage Ruhezeit. Wie diese arbeitslose Zeit für die Kraftwirtschaft überbrückt werden kann, ist eine weitere Aufgabe der vor Bauinangriffnahme vorzunehmenden Untersuchungen. Es wird nun behauptet, daß in größeren Höhen über dem Erdboden der Wind gleichmäßiger wehe

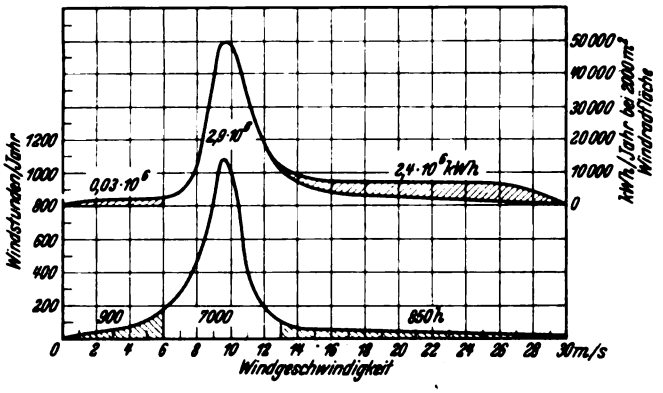


Abb. 2. Windstunden im Jahr.

und daß die starken Windstöße fortfallen. Auch hierüber liegen einige Beobachtungsergebnisse vor, die in Abb. 3 dargestellt sind. Diese sind aber nicht ausreichend für den Ingenieur und müssen erst durch lange Beobachtungen weiter ergänzt werden.

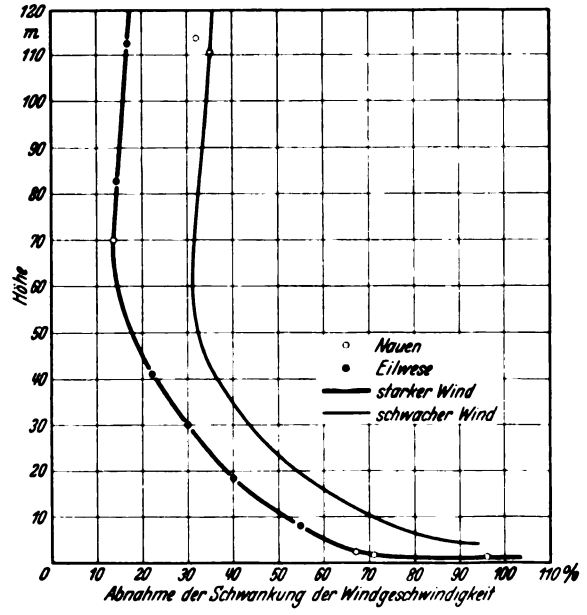


Abb. 3. Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Höhe.

Die Zeit, Windkraftwerke zu bauen, ist daher noch nicht gekommen. Mit Rücksicht darauf, daß in absehbarer, wenn auch nach allgemeinem Maßstabe sehr langer Zeit eine Kraftquelle aus der Elektrizitätswirtschaft ausscheidet, ist es notwendig, rechtzeitig sich nach Ersatz für diese umzusehen. Soll der Wind die gegebene Naturkraft sein, die an die Stelle der Brennstoffe tritt, so müssen die Vorarbeiten zu seiner Ausnutzung bald in Angriff genommen werden. In ähnlicher Weise wie die Wasserkraft muß auch die Windkraft in die Verbundwirtschaft bei der Elektrizitätserzeugung eingeschaltet werden. [Nach einem Vortrag, gehalten von J. W. van Heys in der Windkrafttechnischen Gesellschaft am 17. 6. 1936.]

E. B.

Leitungen.

621. 315. 212. 1. 027. 7 (44) **220 kV-Kabel in Paris.** — Die Ende 1935 gegründete Société parisienne d'Interconnexions électriques (Inter-Paris) hat die Aufgabe, die Kupplung der großen auf Paris speisenden Netze der Wasserkraftwerke des Central-Massifs, des Ostens und des Südostens untereinander und mit den Wärmekraftwerken des Pariser Stadtgebietes herbeizuführen. Zu diesem Zweck baut die Gesellschaft ein 220 kV-Netz in Form eines vorläufig nach Westen offenen Ringes, der die Kraftwerke Arrighi (im Süden), Gennevilliers und St. Denis (im Nordwesten) und die Fernstromübergabewerke Chevilly (im Süden) und Villevaudé (im Nordosten) miteinander verbindet. Die in der Nähe der Stadt, insbesondere im Norden, verlaufenden Teile dieser Ringleitung sind als Kabel vorgesehen, da eine Freileitung sich dort wegen der Dichte der Bebauung und der Nähe von Flughäfen verbot.

Im ersten Ausbau wurden im März 1936 zunächst eine Einfachfreileitung (Stahl-Aluminium 400 mm²) von Villevaudé nach Clichy sous-Bois und daran anschließend, mit der Freileitung nur über Trennschalter verbunden, ein rd. 19 km langes Ölkabel nach St. Denis dem Betrieb übergeben.

Der Verlegung des 220 kV-Kabels gingen Vorversuche, die sich über ein Jahr erstreckten, mit je einem 200 m langen Einphasenkabel der Bauart Pirelli von vier verschiedenen französischen Kabelfabriken voraus.

Das endgültige Kabel wurde für 160 MVA Dauerleistung in Form von drei Einphasenkabeln mit folgenden Daten zur Verlegung gebracht: Leiterquerschnitt 350 mm², Isolationsstärke 24 mm, Stärke des inneren Bleimantels 3,2 mm, Stärke der Bewehrung aus Messing 0,8 mm, Stärke des äußeren Bleimantels 2,5 mm, Stärke der Umspinnung 3,8 mm, Außendurchmesser des Kabels 97 mm, Gewicht je 1 m Länge 27,3 kg (zur Vermeidung von Potentialdifferenzen sind beide Bleimäntel leitend verbunden). Nennspannung (verkettet) 220 kV, Nennstrom (entspr. 160 MVA) 420 A, Verluste bei Nennspannung und Nennstrom: a) im Kupfer 10 kW/km u. Phase, b) im Dielektrikum 3,4 kW/km u. Phase, c) im Bleimantel 5 kW/km u. Phase, Ladestrom bei Nennspannung 8 A/km u. Phase.

Der Aufsatz enthält eine Reihe von Einzelangaben über den Aufbau der Muffen und Endverschlüsse, bei denen besonderer Wert auf unbedingte Dichtheit gelegt wurde. So wurde u. a. als Baustoff weitgehend verzinntes Kupfer an Stelle von Blei oder Bronze verwandt. Beim Setzen der normalen Muffen bleibt das Öl in der Kabelseele, um das Eindringen von Luft zu verhindern, dauernd unter Überdruck und läuft während der Arbeitsgänge aus. In den Sperrmuffen stecken die Kabelenden in Porzellanüberwürfen. Die mit der Kabelseele leitend verbundenen Kappen dieser Isolatoren werden über ein elastisches Zwischenglied miteinander verbunden. Hier sind die Enden der Kabelseelen mit kleinen Ventilen versehen, die durch den inneren Überdruck geschlossen gehalten werden. Erst wenn die betreffende Muffenhälfte mit dem Druckbehälter in Verbindung gesetzt wird, öffnen diese Ventile. Die Druckbehälter sind teils für 1,5, teils für 2,5 kg/cm² Überdruck gebaut. Ihr Durchschnittsgewicht in gefülltem Zustand beträgt 300 kg.

Die drei Einzelkabel liegen in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks in den vom Pariser 60 kV-Netz her bereits bekannten Betontrögen.

Die Hauptschwierigkeiten der Trasse, die auf öffentlichen Wegen verläuft, waren: die Kreuzung des Ourcq-Kanals auf einem besonderen eisernen Steg; Unterfahrung der 100 m breiten Gleisanlage des Verschiebebahnhofs Blanc-Mesnil mittels eines gußeisernen Rohres von 1 m Dmr.; Kreuzung des Kanals von Saint-Denis auf der vorhandenen eisernen Brücke und die Kreuzung der Gleise der Nordbahn auf der Révolte-Brücke.

Den höchsten Punkt der Trasse bilden die Endverschlüsse in Clichy-sous-Bois mit 80 m, der tiefste Punkt liegt auf 30 m.

Die Gesamttrassenlänge von 18 600 m ist aus hydrostatischen Gründen in zwölf Abschnitte geteilt, so daß elf Sperrmuffen je Phase gesetzt werden mußten. Diese befinden sich in sandgefüllten Betonkammern, die Phasen durch Ziegelwände getrennt. Darunter liegen in einer besonderen, von außen zugänglichen Kammer die Öldruckgefäße.

300 Öldruckgefäße wurden aufgestellt. Der Gesamtölinhalt der Kabel selbst beträgt rd. 76 t.

Die Mindestverlegungstiefe wurde mit 1,3 m bis zur Grabensohle festgelegt. Im Höchstfall wurden 4 m erreicht.

An Schutz- und Überwachungseinrichtungen ist vorgesehen: 1. selektive Öldrucküberwachung, 2. gemeinschaftlicher Schutz für die Freileitung und das Kabel (Hochfrequenz-Streckenschutz System Tallou und Erd-

Digitized by Google

schlußschutz, 3. Signaleinrichtung zur Anzeige, ob ein Fehler auf der Freileitung oder im Kabel liegt. Außerdem ist die ganze Leitung Creney—St. Denis noch mit Überlastungsschutz und Spannungssteigerungsschutz versehen.

Alle Kabellängen wurden 30 min lang mit 250 kV, Leiter gegen Bleimantel, geprüft. Danach durfte der dielektrische Leistungsfaktor, gemessen bei 127 kV und 80° C, den Wert 0,007 nicht überschreiten. Einige ausgewählte Stücke von rd. 1 % der Herstellung wurden folgenden Prüfungen unterworfen: 350 kV 24 Std. lang, nach Abkühlung Zuführung von wachsenden Spannungen, von 350 kV ausgehend, um 50 kV/min wachsend. Der Durchschlag der Isolation durfte nicht unter 450 kV erfolgen.

Alle Versuche hatten sehr günstige Ergebnisse, insbesondere erreichten die dielektrischen Leistungsfaktoren nur etwa die halbe Höhe der verlangten Werte. Nach der Verlegung wurde das Kabel einige Zeit auf seine Dichtigkeit hin beobachtet und nach einigen Vorversuchen am 23. 3. 1936 in Betrieb gesetzt. Die vorgesehenen Spannungsproben an der gesamten Kabelstrecke: 200 kV Wechselspannung 50 min, 400 kV Gleichspannung 50 min (zwischen Leiter und Bleimantel) konnten wegen technischer Schwierigkeiten bisher noch nicht vorgenommen werden.

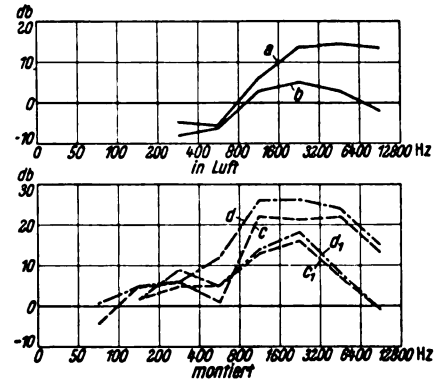
Der zweite Teil des Aufsatzes enthält eine Beschreibung des 220/60/11 kV-Freiluft-Umspannwerkes St. Denis (2 × 88 200 kVA), in dem für die Kompensierung und Regelung der Kabelleitung insgesamt zehn dreiphasige Drosselspulen von je 10 000 BkW, angeschlossen an die 11 kV-Sammelschiene, aufgestellt sind. [Josse u. Laborde, Rev. gén. Électr. 39 (1936) S. 827 u. 863.] *Sdn.*

Elektromaschinenbau.

621. 313. 3. 016 : 621. 3. 062. 9 **Das Bremsmoment der Bremsschaltung von SSW.** — Die bekannte Bremsschaltung von SSW, bei der zwei Wicklungsklemmen eines Drehstrommotors miteinander verbunden und so mit der dritten Klemme einphasig an das Netz angeschlossen werden, wird von W. Schuisky mittels der Verfahren der symmetrischen Komponenten untersucht. Man erhält dabei recht einfache Ausdrücke für die synchrone und die inverse Komponente, welche eine Behandlung sowie die Berechnung der Schaltung auf einfachste Weise erlauben. Die Schaltung ist nur bei Schleifringmotoren anwendbar. Bei diesen ist es möglich, einen ungefähr geradlinigen Verlauf des Bremsmomentes von seinem Wert bei der Nenndrehzahl bis auf Null beim Stillstand durch entsprechende Erhöhung des Läuferwiderstandes zu erzielen. Das höchste erreichbare Bremsmoment beim Nennbetrieb ist 1/3 des Kippmomentes der Maschine als Motor. [W. Schuisky, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 8, S. 552.]

621. 3 : 534. 837 **Geräuscherscheinungen bei elektrischer Energieumsetzung.** Wenn die mit der elektrischen Energieumsetzung verbundenen Geräusche auch verhältnismäßig gering sind, können sie doch störend wirken und sind deshalb möglichst zu vermindern. Maßnahmen zur Geräuschminderung kann der rechnende Konstrukteur nur dann mit Erfolg anwenden, wenn er die Ursachen der Geräuschbildung kennt. Die mitgeteilten Untersuchungen beziehen sich auf die Festlegung der Ursachen. Dazu gehört eine Anzahl akustischer Messungen: Größe, räumliche Verteilung und zeitlicher Verlauf der Lautstärke, Bestimmung des Schallspektrums, Festlegung der am meisten störenden Komponenten und zeitlicher Verlauf des Spektrums. An Geräten standen Universalgeräuschmesser mit Phonskala, Oktavsieb zur Messung und oszillographischen Aufzeichnung, Suchton-Analysator und Tonfrequenzspektrometer mit Filmaufzeichnung des Schallspektrums zur Verfügung. Je schneller der akustische Ausgleichsvorgang erfolgt, je kürzere Zeit ein Schall bestimmter Frequenz besteht, desto breiter muß der Analysierbereich gewählt werden. Bei Dauergeräuschen gelingt meist Festlegung der Schallanteile in sehr schmalen Frequenzkanälen.

Die Anwendungen der akustischen Verfahren erstrecken sich auf die Geräuschbildung an Schaltgeräten und elektrischen Maschinen. Die mechanischen und elektrischen Geräuschursachen werden getrennt. Bei Expansionsschaltern zeigt sich, daß z. B. das Geräusch des Druckluftantriebes größer sein kann als das eigentliche Schaltgeräusch. Durch Dämpfung des Auslasses kann hier eine Geräuschminderung eintreten. Das Schaltgeräusch läßt sich durch Verminderung des mechanischen Stoßes der Kontaktstücke herabsetzen, indem man bei nicht verschweißenden Kontaktstücken geringe Schaltgeschwindigkeiten wählt. Wechselstromschalter lassen sich ebenso ausbilden, wobei das Schütz nach Gleichrichtung mit Gleichstrom betrieben wird. Für Lichtschalter wird mit Oszillogrammen, Oktavschallspektren und Tonfrequenzspektren gezeigt, wie man die Ein- und Ausschaltvorgänge trennen kann, wie sich diese Vorgänge für den Luft- und Körperschall auswirken und wie Dämpfungen des mechanischen Schaltimpulses den Schallvorgang beeinflussen. Abb. 4 zeigt die Oktavschallspektren von gedämpften und ungedämpften Lichtschaltern. Als Ordinatenmaßstab ist hier das Dämpfungsmaß $10 \lg E_1/E_0$ in db (Dezibel) benutzt, wobei der Nullpunkt dieses log. Maßstabes dem Anwendungszweck entsprechend gewählt wird. Man sieht, daß durch die Befestigung des Schalters an der Wand, an einer schallabstrahlenden Fläche, das Geräusch um rd. 10 db erhöht wird. Da 1 db, abgesehen von der Beziehung zur Frequenz, ebenso groß ist wie 1 Phon, ergibt sich durch diese Befestigung eine Verdoppelung der Lautheit, d. h. des subjektiven Schalleindruckes. Durch die zusätzliche Dämpfung erhält man gerade im Bereich der größten Ohrempfindlichkeit eine Minderung um rd. 10 Phon. Zeigt das Oktavschallspektrum oder auch das Oktavenoszillogramm Einzelheiten der Frequenzverteilung, so werden diese durch das Tonfrequenzspektrometer (Abb. 5) in ganz anderer Weise herausgearbeitet. Die Ordinate ist hier proportional dem Schalldruck. Von den Geräuscherscheinungen bei elektrischen Maschinen werden als kennzeichnend die Analysen von Luft- und Magnetgeräuschen bei Gleich- und Wechselstrommaschinen gezeigt. Für die Erkenntnis der Geräuschursache ist häufig die



a, c, d ungedämpft *c, c₁* Einschaltvorgang
b, c₁, d₁ gedämpft *d, d₁* Ausschaltvorgang

Abb. 4. Oktavschallspektren von gedämpften und ungedämpften Lichtschaltern in Luft und montiert.

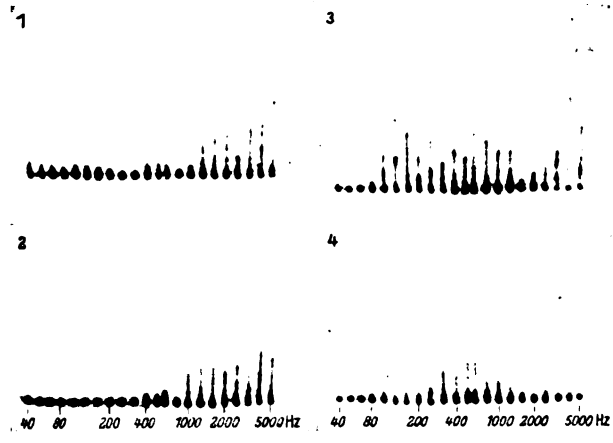


Abb. 5. Tonfrequenzspektren von gedämpften (*2, 4*) und ungedämpften (*1, 3*) Lichtschaltern, montiert, Luftschall (*1, 2*) und Körperschall (*3, 4*).

Digitized by Google

Kenntnis des zeitlichen Verlaufes der Lautstärke beim Einschalten und beim Belasten wertvoll. Gleichzeitig hiermit aufgenommene Tonfrequenzspektrogramme zeigen auch die Verschiebung der magnetisch bedingten Tonlagen beim Anlauf und beim Abbremsen gegenüber dem gewöhnlichen Leerlauf. Mechanische Geräusche wie Fliehkraftschalterbewegung und Bürstenreibung werden auch auf die gleiche Weise herausgearbeitet und erkannt. Die aus den Messungen an Maschinen gewonnenen Ergebnisse werden dazu benutzt, um die Geräuschleistung der Maschine aus der mittleren Lautstärke zu berechnen. Setzt man diese Geräuschleistung zu der in der Maschine umgesetzten elektrischen Leistung in Beziehung, dann erhält man für jede Maschine den Geräuschleistungsgrad. Diesen kann man wieder getrennt für die mechanischen, magnetischen und aerodynamischen Geräusche ansetzen und erhält so Beziehungen zwischen der Leistung und der Lautstärke der Maschine. Herrschen Luftgeräusche vor, so ergibt sich im Abstande a bei einer Leistung N und Drehzahl n die Lautstärke L_L in Phon zu:

$$L_L = 15 \lg N + 20 \lg n - 20 \lg a + D_L ,$$

wo D_L eine von benutzten Maßstäben abhängige Konstante ist. [E. Lübcke, Siemens-Z. 16 (1936) S. 204.] *Vb.*

621. 317. 39 : 536. 53 **Messung der Oberflächentemperatur von Maschinen.** — Zur Prüfung der Oberflächentemperatur umlaufender Maschinenteile wurde eine Meßanordnung geschaffen, die mit einem Pyrometer die Gesamtstrahlung der Oberfläche der zu prüfenden Maschine und somit ihre Temperatur bestimmt. Als Strahlungsempfänger diente eine Thermosäule, die 120 Lötstellen sehr dünner Kupfer- und Konstantandrähte enthielt. Der Strahlungsempfänger war in ein innen geschwärztes Messingrohr eingebaut, das mit einem Schutzmantel aus Asbest und einem weiteren aus Fiber umgeben war. Um die Strahlungsmessung weitgehend unabhängig vom Abstand des Pyrometers von der Strahlungsquelle zu machen, ordnete man vor der Thermosäule eine Kreislochblende von 13 mm Dmr. an, die mit einem für Wärmestrahlen durchlässigen Fenster verschlossen wurde. Die Spannung der Thermosäule des Pyrometers wurde entweder mit einem Zeigergalvanometer unmittelbar gemessen oder an einem Schleifdraht kompensiert. Geeicht wurde die Meßeinrichtung mit einem Wärmestrahler bekannter Temperatur.

Mit dem Meßgerät wurde die Erwärmungs- und Abkühlungskurve des Stromwenders von Gleichstrommaschinen im Betriebe aufgenommen und weiterhin der Verlauf der Ankertemperatur eines Gleichstromerzeugers bei verschiedenen Betriebsarten gemessen. Der Fehler dieser Temperaturmessungen soll kleiner als 2 % sein. Vergleichende Versuche ergaben, daß Temperaturmessungen mit Flüssigkeitsthermometern am Ende einer Maschinenfahrt viel zu niedrige Werte für die Ankertemperatur lieferten. [B. B. Ray, Electrician 116 (1936) S. 783.] *Rsk.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 314. 224. 089. 6 : 621. 317. 7. 083. 5 **Prüfung von Meßwandlern.** — Das neue von G. Keinath vorgeschlagene Meßwandler-Prüfverfahren, bei dem die Fehlergrößen (Übersetzungsfehler $\ddot{u}$ und Winkelfehler δ) des zu prüfenden Strom- oder Spannungswandlers mit Tintenschrift vollselbsttätig aufgezeichnet werden, hat gegenüber den für derartige Messungen bisher gebräuchlichen Verfahren verschiedenartige Vorzüge. Das zur praktischen Durchführung dieses Verfahrens von W. Geyger entwickelte, in einer früheren Arbeit[1]) beschriebene Gerät ist in der Zwischenzeit erheblich vereinfacht und vervollkommnet worden. Der Grundgedanke der neuen Anordnung besteht darin, die Prüfung des Wandlers in einer Differenzschaltung mit einem sich selbsttätig abgleichenden komplexen Kompensator[2]) durchzuführen und die in bekannter Weise als Schleifdrahtlängen bzw. Einstellwinkel von Schleifkontakten abgebildeten Fehlergrößen auf die Schreibtrommeln von zwei Drehspul-Tintenschreibern zu übertragen, deren Schreibfedereinstellung dem bei der Prüfung jeweils eingestellten Strom- bzw. Spannungswert entspricht. Während bei der ursprünglichen Meßanordnung ein mit Schwinggleichrichtern zusammenarbeitendes und einen Umkehrmotor mittels einer Relaisvorrichtung betätigendes Drehspul-Nullinstrument vorgesehen war, werden bei dem neuen Gerät zwei als „Nullmotoren" wirkende Induktionszähler-Meßwerke benutzt, die infolge ihrer durch das Sinusgesetz gegebenen Phasenempfindlichkeit die Eigenschaften eines phasenempfindlichen Nullindikators besitzen und außerdem eine unmittelbare Steuerung der Abgleichmittel ermöglichen. Hierdurch wird eine größere Einstellgeschwindigkeit der Kompensationseinrichtung und somit eine stark verkürzte Aufnahmezeit (0,3 bis 1 min statt 1 bis 3 min) erreicht. Da hier die beiden Kennlinien für $\ddot{u}$ und δ mit zwei Koordinaten-Tintenschreibern gleichzeitig aufgenommen werden, ist die gesamte Aufnahmezeit auf etwa ein Sechstel herabgesetzt und die Einführung des neuen Prüfverfahrens bei der fabrikationsmäßigen Herstellung von Meßwandlern möglich geworden.

Die mitgeteilten Meßergebnisse zeigen, daß die mit der vollselbsttätigen Stromwandler-Prüfeinrichtung gemessenen Fehlergrößen mit den von der PTR mit der Stromwandler-Prüfeinrichtung nach Schering und Alberti[1]) gemessenen Werten sehr gut (die $\ddot{u}$-Werte auf ± 0,02 % und die δ-Werte auf ± 1 min genau) übereinstimmen. Die gute Übereinstimmung ist deswegen besonders bemerkenswert, weil der gleiche Wandler mit zwei ganz verschiedenen Kompensationseinrichtungen ausgemessen wurde. Als Nullinstrument wird bei der PTR ein auf die Grundfrequenz abgestimmtes Vibrationsgalvanometer benutzt, während bei der vollselbsttätigen Prüfeinrichtung die Grundwellenselektivität durch Anwendung zweier mit sinusförmigen Strömen fremderregter, als Nullmotoren wirkender Induktionszähler-Meßwerke erreicht ist. Die beschriebenen Koordinaten-Tintenschreiber können ganz allgemein zur selbsttätigen Aufzeichnung des funktionellen Zusammenhangs zweier beliebiger Meßgrößen benutzt werden. [W. Geyger, Arch. techn. Mess. (1936) Z 224-8.] *eb.*

621. 317. 7. 089. 6. 001. 2 : 621. 39 **Das Impulsmesserprinzip und seine Anwendung in neuen Meß- und Überwachungsgeräten der Nachrichtentechnik.** — Unter einem Impulsmesser versteht man ein Gerät, das kurz andauernde Impulse unmittelbar anzeigt. Man benutzt dabei einen Kondensator, der mit kleiner Zeitkonstante aufgeladen und mit großer Zeitkonstante entladen wird. Daher erzeugt an einem solchen Kondensator ein Wechselimpuls eine Gleichspannung, die als Maß für die Amplitude des Wechselimpulses dienen kann. Der Kondensator liegt am Gitter eines Gleichspannungsverstärkers, in dessen Anodenkreis sich ein Anzeigegerät befindet. Wegen der großen Entladezeitkonstante hält der Kondensator die Gleichspannung so lange, bis das Gerät, das gemessen an der durchschnittlichen Dauer eines Impulses natürlich als träge anzusehen ist, sich eingestellt hat. Nach der Entladung des Kondensators ist das Gerät für die Anzeige eines neuen Impulses wieder bereit.

Die Änderung der Zeitkonstanten des Kondensatorkreises bei Auf- und Entladung wird praktisch dadurch erreicht, daß man die Wechselimpulse über Ventile auf den Kondensator wirken läßt. Dadurch werden Auf- und Entladewiderstand im allgemeinen amplitudenabhängig, und der Begriff der „Zeitkonstante" verliert seine exakte Bedeutung, die er ja nur in linearen Kreisen hat. Man hat deshalb die neuen Begriffe der „Auf- und Entladezeit" und der „Ansprech- und Rückgehzeit" geprägt, die im ersten Teil der Arbeit erläutert werden. Dort wird auch die physikalische Wirkungsweise der Impulse qualitativ dargestellt, wobei zwischen „linearen", „nichtlinearen" und „linearisierten" Impulsmessern unterschieden wird. Im allgemeinen wird ein Impulsmesser „nichtlinear" sein, d. h. die Auf- und Entladevorgänge sind in ihrem zeitlichen Verlauf abhängig von der Amplitude des Wechselimpulses. Beachtet man gewisse Vorschriften über die Aussteuerung der Ventile und die Größe der anderen im Kondensatorkreis wirkenden Widerstände, so kann man den Idealfall des „linearen" Impulsmessers weitgehend verwirklichen. Schließlich braucht man die Spannung nicht an einer in absoluten Spannungen oder absoluten Pegeln ge-

[1]) W. Geyger, Arch. techn. Mess. (1935) Z. 224-7.
[2]) W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 842 bis 850.

[1]) H. Schering und E. Alberti, Arch. Elektrotechn. 2 (1914) S. 263.

Digitized by Google

eichten Skala abzulesen, sondern kann durch am Eingang des Impulsmessers befindliche geeichte Potentiometer auf eine Marke der Instrumentenskala einstellen. Dann wirkt im Aufladekreis eine nur in engen Grenzen veränderliche Spannung, und die Auf- und Entladevorgänge werden von der Amplitude des Impulses unabhängig. Impulsmesser, die nach diesem Verfahren arbeiten, nennt man „linearisiert". Sie können natürlich nur bei Impulsen verwendet werden, die hinreichend oft wiederkehren.

Im zweiten Teil der Arbeit werden ausgeführte Geräte beschrieben, und zwar wird hauptsächlich auf drei Arten eingegangen. Da sind zunächst die Impulsmesser mit einstellbarer Ansprechzeit. Bei ihnen werden als Ventile Elektronenröhren verwendet, bei denen Gitter und Anode miteinander verbunden sind. Weiter wird auf die frühere Ausbildungsform des Impulsmessers eingegangen, bei dem ein und dieselbe Röhre als Ventil und als Verstärker diente. Da der Kondensator hierbei durch den Gitterstrom aufgeladen wird, ergab sich der Nachteil, daß die Röhre nur dann gegen eine andere ausgewechselt werden kann, wenn die beiden Röhren nicht nur hinsichtlich der Anodenstromkennlinien, sondern auch hinsichtlich der Gitterstromkennlinien übereinstimmen, was ein Aussuchen aus großen Röhrenmengen erforderte. Schließlich werden Impulsmesser beschrieben, die mit Trockengleichrichtern als Ventile arbeiten. Ein derartiger Impulsmesser ist der Höchstwertzeiger, der zur Überwachung von Rundfunk- und anderen Nachrichtenleitungen dient. [R. Bauer, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 15 (1936) S. 51.] *Ske.*

621. 317. 755 **Kathodenstrahloszillograph zur gleichzeitigen Aufnahme zweier (periodischer oder einmaliger) Vorgänge.** — Das Gerät besteht aus einer abgeschmolzenen Braunschen Röhre mit Glühkathode, Steuergitter und Ablenkplatten, einem Elektronenröhren-Kippgerät (Dreipol- und Fünfpolröhre) für Sägezahnkurven, einem Trapezoszillator zum abwechselnden Schalten zweier verschiedener Vorgänge auf die Meßablenkplatten, einem Synchronisiergerät, einer Rücklaufaustastung für Zeitablenkung, einem Gerät zur Wiederholung einmaliger Vorgänge, einem Stromverstärker, einem Gerät zum Umschalten von periodischen auf einmalige Vorgänge und einem Netzanschlußgerät. Die Schaltung (nach Abb. 6) erfordert insgesamt 15 Hochvakuumröhren; sie ist in einem Zusatzgerät zur Braunschen Röhre (Abmessungen 50 × 45 × 30 cm) untergebracht. Die Oszillogramme erscheinen übereinander oder auf gegeneinander verschobener Zeitachse. Periodische Vorgänge wurden bis $6 \cdot 10^5$ Hz, einmalige Vorgänge bis 10^{-3} Hz aufgenommen. (K. Kurokawa und S. Tanaka, Nippon Electr. Communic. Engng. (1936) S. 132.] *Kll.*

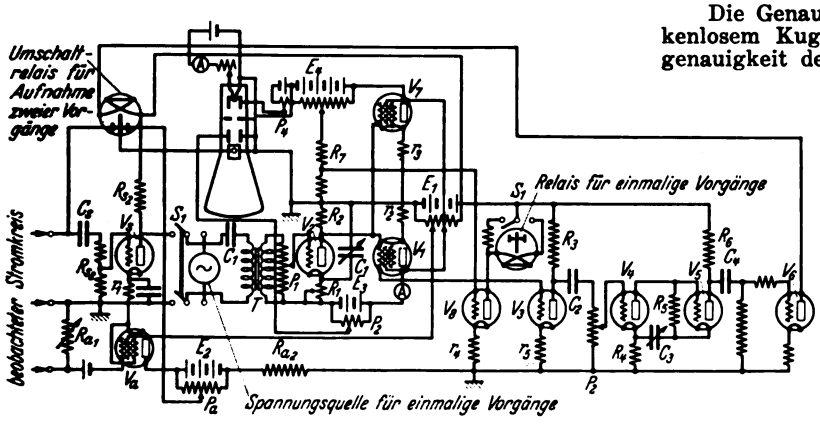


Abb. 6. Gesamtschaltbild.

621. 317. 728 **Das funkenlose Kugelvoltmeter.** — Bereits früher[1]) hatte R. W. Sorensen eine allgemeine Beschreibung des funkenlosen, lediglich auf der Anziehungskraft der Kugeln beruhenden Kugelvoltmeters gegeben, das unabhängig hiervon schon in Deutschland von E. Hueter entwickelt worden war[2]). In einem zweiten Aufsatz berichten nun R. W. Sorensen und S. Ramo über die Ergebnisse ihrer Messungen im Vergleich zu denjenigen anderer amerikanischer Forscher sowie insbesondere zu den von einem besonderen Unterausschuß im Jahre 1935/36 aufgestellten und als neue AIEE- bzw. IEC-Normen vorgesehenen Eichkurven[1]). Die Messungen wurden mit den beiden schon früher dafür benutzten, waagerecht aufgehängten Kugeln von 100 cm Dmr. durchgeführt, zu denen eine Kugelfunkenstrecke von 50 cm Dmr., und zwar in verschiedener Aufstellungsart, parallel geschaltet war. Als Vergleichsinstrument zum Einstellen jeweils bestimmter Spannungswerte diente eine dritte Voltmeterspule des Prüftransformators.

Das Hauptgewicht der Versuche lag diesmal in dem Vergleich mit der zu normenden 50 cm-Kugelfunkenstrecke, und zwar zunächst bei der dafür normungsgemäß vorgesehenen senkrechten Aufstellung, wobei die untere verstellbare Kugel geerdet und der Abstand der Mitte der oberen Kugel vom Erdboden gleich dem 5½fachen Kugeldurchmesser war. Wahlweise wurde zu den Versuchen auch der zehnfache Abstand gewählt. Für diese beiden Anordnungen ergab sich ein Unterschied erst bei einem Werte des Quotienten Schlagweite zu Durchmesser (s/D) größer als 0,5 mit deutlich zunehmender Spannung für größeren Bodenabstand.

Bei waagerechter Aufstellung der 50 cm-Kugeln und einem Achsenabstand vom Erdboden gleich dem fünffachen Kugeldurchmesser, wobei, wie immer, eine Kugel geerdet war, waren mit der senkrechten Aufstellung übereinstimmende Meßergebnisse nur bis s/D gleich 0,5 zu erhalten, während für größere Abstände die Kugelfunkenstrecke bei etwas niedrigeren Spannungswerten als für senkrechte Anordnung ansprach. Für waagerechte Anordnung, aber nur dem dreifachen Kugelabstand von Erde, waren alle gemessenen Spannungswerte zu niedrig und betrugen z. B. für s/D gleich 0,8 (also 40 cm Abstand) weniger als 90 % der Normalwerte.

Die Genauigkeit der Spannungsmessung mittels funkenlosem Kugelvoltmeter hängt außer von der Ablesegenauigkeit der dritten Voltmeterspule ab von der Einstellgenauigkeit der Kugelabstände, von der Meßgenauigkeit der Anziehungskraft F und von dem Faktor S, welcher nach der Gleichung

$$F = S\,U^2$$

die Beziehung zwischen Anziehungskraft und Spannung U darstellt. Im vorliegenden Falle betrug die mittlere Abweichung der einzelnen Meßpunkte nur etwa 0,5 % von den Mittelwerten. Für die Genauigkeit des Faktors S, der nur für isolierte Kugeln theoretisch genau berechnet werden kann und durch die Kugelschäfte und die Umgebung beeinflußt wird, entwickeln die Verfasser empirische Unterlagen, wonach die durch die Umgebung und die Schäfte bedingte Korrektur nicht mehr als 1,5 % ausmacht.

Dabei ist diese Korrektur die einzige, die bei einem funkenlosen Kugelvoltmeter berücksichtigt zu werden braucht, während bei der Kugelfunkenstrecke bekanntlich die Luftdichte einen ziemlichen Einfluß hat. (Allerdings erleichtert gerade dieser Umstand die vergleichenden Messungen an Isolatoren usw., da man bei Benutzung der für bestimmte Luftdichte gültigen Eichkurven überhaupt keine Korrektur auf die gewünschte Luftdichte, sondern nur auf bestimmte absolute Luftfeuchtigkeit vorzunehmen hat. Der Berichter.)

Was die Ergebnisse der hier besprochenen Arbeit von Sorensen-Ramo im Vergleich mit der oben erwähnten neuen amerikanischen und wenigstens für Betriebsfrequenz gemäß Veröffentlichung 52 auch als IEC-Eichkurven angenommenen Eichkurven[2]) anbelangt, so finden die Verfasser für die 50 cm-Kugeln eine recht gute Übereinstimmung, wobei allerdings die IEC-Kurve für große Kugelabstände (30 bis 50 cm) etwas zu niedrig (1 bis 4 %) und für kleine Abstände (5 bis 20 cm) etwas zu hoch (3 bis 1 %) liegen würde.

Zusammenfassend betonen die Verfasser selbst, daß bei der Kugelfunkenstrecke kein wesentlicher Unterschied zwischen waagerechter und senkrechter Aufstellung be-

[1]) ETZ 56 (1935) S. 1055.
[2]) ETZ 55 (1934) S. 833; ETZ 56 (1935) S. 1319.

[1]) Electr. Engng. 55 (1936) S. 783.
[2]) ETZ 56 (1935) S. 1243.

Digitized by Google

steht und auch für beide Anordnungen der Einfluß der Umgebung sehr klein ist, sofern der Abstand der Kugeln vom Boden wenigstens dem sechsfachen Kugeldurchmesser entspricht und s/D höchstens gleich 0,75 ist. Oberhalb dieses Abstandes werden alle Messungen zunehmend ungenau. [R. W. Sorensen und S. Ramo, Electr. Engng. 55 (1936) S. 444.] *W. W.*

621. 317. 374 **Ein Meßgerät zur direkten Messung der Güte- und Verlustzahl von Schwingkreisen.** — Die Frequenzauswahl einfacher und gekoppelter Schwingungskreise wird durch die Gütezahl der Bauteile wesentlich mitbestimmt. Unter Gütezahl versteht man das Verhältnis von Blindwiderstand zu Wirkwiderstand. Der Kehrwert der Gütezahl heißt Verlustzahl. Es ist üblich, Güte- bzw. Verlustzahl durch Einzelmessung der Widerstände nach dem Paulischen Verfahren oder dem Dynatronverfahren bzw. durch Messung der Breite der Resonanzkurve nach dem Verstimmungsverfahren zu ermitteln. Man kann einfacher und schneller Güte- und Verlustzahl unmittelbar aus dem Verhältnis der am abgestimmten Schwingkreis entstehenden Blindspannung U_B und der aufgedrückten EMK E_1 (Abb. 7 und 8) bestimmen. Die Schaltung eines Meßgeräts, das die Messung des Spannungsverhältnisses gestattet, zeigt Abb. 9. An Stelle der EMK E_1 wird die Eingangsspannung U_1

$$U_1 = I_k R_k$$

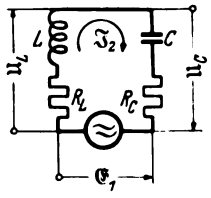


Abb. 7. Ersatzschaltung des Schwingkreises.

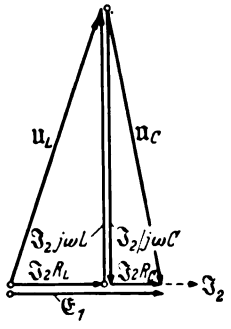


Abb. 8. Zeigerdiagramm des Schwingkreises.

gemessen. I_k wird an einem Thermostrommesser abgelesen, der unmittelbar in Verlustzahl geeicht werden kann. R_k ist ein sehr kleiner, praktisch reiner und stromverdrängungsfreier Widerstand besonderer Bauart. Die Blindspannung U_B wird von einem kapazitäts- und verlustarmen Röhrenvoltmeter angezeigt. Die Skala für U_B zeigt bei Einstellung von I_k auf eine feste Marke unmittelbar die Gütezahl an. Das Meßgerät gestattet die unmittelbare Messung der gesamten Verlustzahl ($\operatorname{tg}\psi + \operatorname{tg}\delta$) von Schwingkreisen in einem Bereich von $10 \cdot 10^{-4}$ bis $250 \cdot 10^{-4}$ (Bereich für die Gütezahl 40 bis 1000). Außer der Gesamtverlustzahl kann die Verlustzahl $\operatorname{tg}\psi$ von Spulen unmittelbar und die Verlustzahl $\operatorname{tg}\delta$ von Kondensatoren nach Austausch gegen einen verlustfreien bestimmt werden. [Dissertation O. Zinke, T. H. Berlin 1936, Hochfrequenztechn. 47 (1936) S. 196.] *Vb.*

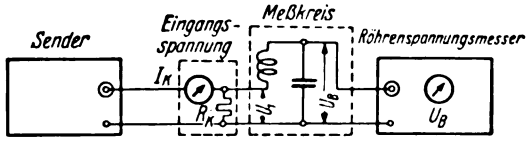


Abb. 9. Anordnung zur Messung der Güte- und Verlustzahl.

Bergbau und Hütte.

621. 365. 2 : 669. 18 **Eine neue Stahlgießerei mit elektrischen Öfen.** — Die Ford-Werke haben die Beobachtung gemacht, daß Stücke aus gegossenem Stahl für verschiedene Teile von Kraftwagen höhere physikalische Eigenschaften aufweisen als geschmiedete Stücke; sie haben sich deshalb zur Errichtung einer neuen Stahlgießerei entschlossen, die mit vier elektrischen Lichtbogenöfen ausgestattet wurde. Als Bauart wählte man Öfen mit Beschickung durch das Gewölbe, da diese Beschickart in bezug auf Kraft- und Elektrodenverbrauch wirtschaftliche Vorteile bieten soll. Die Leistungsfähigkeit der Schmelzöfen in 24 Std. beträgt 175 t Stahlguß. Die Wahl der elektrischen Öfen erfolgte dann auch aus dem Grunde, weil legierte Stähle erzeugt werden, deren genaue Zusammensetzung eingehalten werden muß; diese Bedingung wird von den elektrischen Öfen mit großer Sicherheit erfüllt. Man erzeugt u. a. Stähle mit 0,15 bis 0,35 % C, 0,60 bis 0,80 % Si, 0,40 bis 0,60 % Mn, 1,50 bis 2,00 % Cu oder mit 1,00 % C, 1,50 bis 2,00 % Si und 1,00 % Cu. [Iron Age 137 (1936) H. 18, S. 22.] *Kp.*

621. 364 : 621. 313. 047. 43 **Die Graphitierung der Kohle in den elektrischen Öfen.** — Die zu graphitierende Kohle für die Herstellung von Elektroden oder von Bürsten elektrischer Maschinen ist vielfach ein Gemisch verschiedener Stoffe, wie von Erdölkoks, Pech, Rückständen aus Retorten von Gaswerken, reinem Anthrazit, Koks von reiner Kohle usw. Der Teig aus einem solchen Gemisch wird in gewöhnlichen oder in elektrischen Öfen gebrannt. Im Pariser Bezirk bedient man sich mit Erfolg verschiedener elektrischer Öfen zu diesem Zweck, nämlich der Widerstandsöfen mit unmittelbarer Heizung, der Hochfrequenzöfen, der Lichtbogenöfen und der Haubenöfen mit Sonderatmosphäre. Die Abmessungen der Widerstandsöfen mit unmittelbarer Heizung sind verschieden, ihre Leistung beträgt 75 bis 3000 kW. Die Dauer der Behandlung ist lange und erfordert einige Tage, während die Behandlung in den Hochfrequenzöfen in einigen Stunden beendet ist. Eine Sonderausführung sind die Haubenöfen mit besonders zusammengesetzter Atmosphäre. Ein Werk verfügt über zwei derartige Öfen, deren Hauben mit Widerständen von rd. 20 kW ausgestattet und mit einem guten Wärmeschutz umgeben sind. Die Hauben werden wechselweise für die Heizung von drei Tiegeln benutzt. In den jeweils mit der Haube bedeckten Tiegel wird dann ein Gas besonderer Zusammensetzung eingelassen. Dieses Arbeitsverfahren gestattet eine erhebliche Verminderung der Ofenzahl. Die Behandlungstemperaturen betragen 700 bis 1000 °. [J. Four électr. 45 (1936) S. 202.] *pk.*

621. 317. 79 : 621. 77 **Messen der Walzarbeit mit einer Kohle-Druckmeßdose.** — An dem Versuchswalzgerüst des Eisenforschungsinstitutes, Düsseldorf, wurden Drehmomentmessungen mit dem Kohle-Druckmeßverfahren vorgenommen. Schaltet man eine Säule aus Kohleplättchen nach Abb. 10 in Reihe mit einer Stromquelle und einem Stromzeiger und gleicht den Ruhestrom dieses Meßkreises mit Hilfe einer zweiten Stromquelle und eines Abgleichwiderstandes aus, so äußern sich die auf die Kohlesäule wirkenden Drücke als Stromschwankungen an dem Strommesser. Durch eine Meßschleife können diese Ströme auch auf einen lichtempfindlichen Film aufgezeichnet werden. Da die Kohleplättchen verhältnismäßig hohe Stromstärken vertragen, können im Meßkreis Stromschwankungen von 0,1 A und mehr ohne Verstärkung erzielt werden. Von Vorteil ist dann auch die außerordentlich geringe Zusammendrückbarkeit der Kohlesäule, die nur einige tausendstel mm beträgt. Da nur Druckkräfte nach diesem Verfahren meßbar sind, mußte die Messung des Drehmomentes auf die Messungen der Umfangskraft zurückgeführt werden, und zwar durch die Ausbildung der Meßspindel nach Art einer Klauenkupplung. Die dabei auftretenden hohen Drücke können nicht von den Kohleplättchen aufgenommen werden, vielmehr wurde zu diesem Zweck eine besondere Stahlfassung vorgesehen. Unter diesen Umständen konnten die äußeren Abmessungen der Kohledruckmeßdose klein gehalten werden, die für

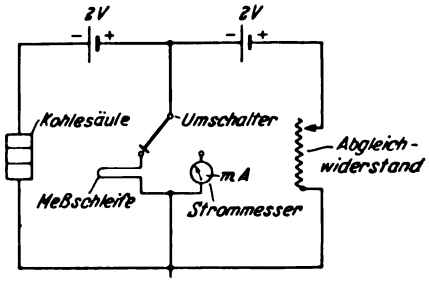


Abb. 10. Schaltbild des Kohle-Druckmeßverfahrens.

Digitized by Google

eine Höchstlast von 5000 kg einen Durchmesser von nur 50 mm und eine Höhe von 60 mm hat.

Die Ausführung der nach Art einer Klauenkupplung wirkenden zweiteiligen Meßspindel ist in Abb. 11 wiedergegeben. Die Herstellung der elektrischen Verbindungen zwischen den Anschlüssen der Meßdose und den übrigen Teilen der Schaltung geschieht durch zwei Blechringe, von denen der eine gegen die Spindel elektrisch isoliert ist. Ein empfindliches Zeigergerät dient zur Anzeige der Stromschwankungen, eine von einer Lichtquelle beleuchtete Meßschleife nebst Filmkammer zur Aufzeichnung.

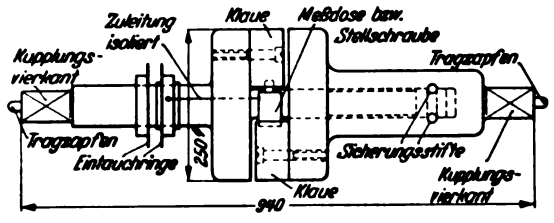


Abb. 11. Drehkraft-Meßspindel mit Kohle-Druckmeßdose. (Maße in mm.)

Zur Erprobung dieser Meßvorrichtung wurden verschiedene Walzversuche unternommen, die schon bald erkennen ließen, in wie starkem Maße eine Veränderung der Reibung im Walzspalt auch den zur Durchführung des Walzvorganges notwendigen Kraftbedarf beeinflußt. [Werner Lueg, Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 766.] *Kp.*

Flugwesen.

621. 396. 933 **Die Senderzentralen der Reichsflugsicherung.** — Seit dem Jahre 1933 nahm der zivile Luftverkehr einen erheblichen Aufschwung, dem die Bodenorganisation der Reichsflugsicherung in entsprechendem Maße folgen mußte. Diese Steigerung des Bedürfnisses brachte neue Aufgaben mit sich, die nur auf den Wegen funkelektrischer Verbindungen gelöst werden konnten. Die Funksendestellen der Verkehrsluftfahrt mußten vergrößert, z. T. völlig neu gebaut werden. Den Neubauten liegen nun folgende Gesichtspunkte zugrunde, die bereits bei der Planung eingehend geprüft werden:

1. Hochfrequenztechnische Eignung, 2. günstige Lage zu Stromversorgungs- und Postkabelanschlüssen, 3. günstige, nicht hindernde Lage zu den Hauptanflugrichtungen der benachbarten Flughäfen, 4. fliegerisch günstige Lage für die Aufstellung eines Navigationsfunkfeuers, 5. preiswerte Erwerbsmöglichkeit des Geländes, 6. günstiger Zugang (Verkehrsmöglichkeit und Personalunterbringung).

Die Untersuchung der hochfrequenztechnischen Eignung erfolgt mittels Flugzeugen durch Aufnahme der Strahlungsdiagramme von behelfsmäßig auf dem zu untersuchenden Gelände aufgestellten Kurz- und Langwellensendern.

Die Gebäude werden nach einem Einheitsbaumuster errichtet, das sich aus den besonderen Bedürfnissen der Reichsflugsicherung entwickelt hat. Die Stromversorgung erfolgt über einen Hochspannungsanschluß von 80 bis 200 kVA. Die Hochspannungsschaltanlage sowie die Niederspannungsverteilung werden vom Senderraum aus unmittelbar bedient, die Schalttafeln sind in die Wände des Senderraumes eingelassen. Zur Gewährleistung der erforderlichen großen Betriebssicherheit ist für Ausfall der Netzstromversorgung eine Diesel-Notstromanlage vorgesehen.

Die Luftleiter sind zwischen eisernen, isoliert aufgestellten Funktürmen aufgehängt. Jeder Luftleiter hat sein ihm zugeordnetes Erdnetz mit zentraler Grundwassererde. Die Speisung erfolgt über Hochfrequenzkabel, die in kleinen Abstimmhäuschen am Fußpunkt der Luftleiter enden. Für Kurzwellensender werden durch Längenänderung abstimmbare Viertelwellenlängenantennen benutzt (Bereich 15 bis 70 m).

Die für den Flugzeugfunkverkehr benutzten Sender werden von der Bodenpeilstelle des Flughafens ferngeschaltet. Außerdem besitzen sie auf Grund zwischenstaatlicher Vereinbarung auch eine Frequenzfernwahl. Je nach Art und Aufbau der Sender sind zwei verschiedene Verfahren üblich, entweder Frequenzänderung durch Zu- und Abschalten von Kapazitäten bzw. Induktivitäten mittels besonderer Relais oder motorischer Fernantrieb der üblichen Abstimm- und Kopplungsmittel der Sender mittels Nockenscheibensteuerung. [H. J. Zetzmann, Draht u. Äther 6 (1936) S. 60.] *eb.*

Fernmeldetechnik.

621. 315. 2. 029. 5 **Bemessung geschirmter Hochfrequenzkabel für möglichst geringe Dämpfung.** — Für Hochfrequenzkabel, wie sie neuerdings für Fernsehübertragungen und Vielfach-Trägerfrequenztelephonie immer mehr verwendet werden, ergeben sich günstigste Übertragungseigenschaften, wenn genau berechenbare Maßverhältnisse bei der Konstruktion dieser Kabel eingehalten werden. Für alle praktisch in Frage kommenden Kabelformen werden die theoretisch günstigsten Werte berechnet und angegeben.

So wird z. B. für ein konzentrisches Kabel die Dämpfung bei gegebenem Innendurchmesser des Rückleiters ein Minimum, wenn das Verhältnis Durchmesser des Innenleiters zum Innendurchmesser des Rückleiters 1 : 3,6 beträgt. Dieses Verhältnis ist unabhängig von dem Durchmesser des Kabels und der Frequenz, aber abhängig von der Leitfähigkeit der beiden Leiter. Der Wert von 1 : 3,6 gilt dann, wenn Innenleiter und Rückleiter aus dem gleichen Baustoff bestehen. Bei einem Innenleiter aus Kupfer und einem Rückleiter aus Blei (Kabelmantel) wird das günstigste Durchmesserverhältnis 1 : 5,25. Diese Durchmesserverhältnisse brauchen nicht sehr genau eingehalten zu werden. Selbst wenn das Durchmesserverhältnis statt 1 : 3,6 z. B. 1 : 5 beträgt, wird die Dämpfung nur um etwa 4 % gegenüber der minimalen Dämpfung erhöht. Ebenso sind geringe Exzentrizitäten des Innenleiters von nur geringem Einfluß auf die Dämpfung des Kabels. Die Betrachtungen gelten für sehr hohe Frequenzen, bei denen der Strom praktisch nur auf der Oberfläche der Leiter fließt. Der Einfluß des Dielektrikums und die Verwendung von Hochfrequenzlitze für den Innenleiter werden untersucht. Bei Hochfrequenzkabeln wird durch die Einführung von Dielektrikum für die Halterung des Innenleiters an den erwähnten optimalen Durchmesserverhältnissen nichts geändert. Die Verwendung von Hochfrequenzlitze kommt nicht in Frage, da sie nicht nur technische Schwierigkeiten mit sich bringt, sondern auch bei Frequenzen der Größenordnung 1000 kHz und darüber schlechtere elektrische Eigenschaften besitzt als ein gewöhnlicher Leiter von gleichem Durchmesser.

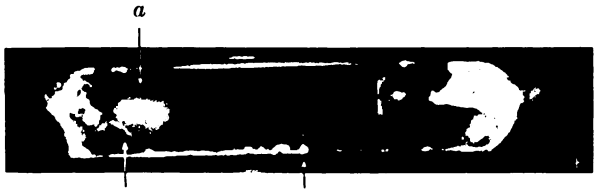
In gleicher Weise werden verschiedene Aufbauformen von symmetrischen Hochfrequenzkabeln mit und ohne Metallschirm untersucht. Für hohe Frequenzen bleibt das konzentrische Kabel überlegen, nur bei tieferen Frequenzen unter 100 kHz kann auch eine symmetrische Anordnung vorteilhaft sein, die auch bei einem schwächeren Metallschirm gegen das Eindringen von Störungen weniger empfindlich ist als die unsymmetrische Anordnung. [Green, Leibe, Curtis, Bell Syst. techn. J. 15 (1936) S. 248.] *Rng.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

537. 529. 03 **Dendritenwachstum und Durchschlag in den Alkalihalogenidkristallen.** — A. v. Hippel hat bereits früher die Auffassung vertreten, daß der elektrische Durchschlag in festen Körpern nicht ein Ionenphänomen, sondern eine Elektronenstoßerscheinung ist. Im Gitter überzählig eingewanderte Elektronen werden bei einer kritischen Feldstärke auf die Anode zu beschleunigt und bilden durch Stoßionisation stufenweise ansteigende Elektronenlawinen. Bei höherer Temperatur ist es nun möglich, diese Elektronenbahnen sichtbar zu machen. In einen Steinsalzkristall mit Kupferelektroden wandert bei kleiner Spannung und bei etwa 550 ° C Kupfer anodisch ein. Die Kupferionen sind zunächst unsichtbar. Erfolgt aber Elektroneneinwanderung von der Kathode aus, so neutralisieren sich die Kupferionen dank ihrer höheren Ionisierungsspannung und bilden ortsfeste Störstellen von rubinroter Farbe, die weitgehend temperaturunempfindlich ist. Läßt man also Kupferionen in einen Steinsalzkristall eindringen und dann einen elektrischen Durchschlag durch die Mischkristallzone hindurchschlagen, bevor einwandernde Elektronen das Gebiet erreichen konnten, so beweist eine auftretende Kupferfärbung den Elektronenstrom im Durch-

Digitized by Google

schlagkanal. Abb. 12 zeigt das Versuchsergebnis. An der Kathode beginnt gerade die Elektroneneinwanderung als diffuse kirschrote Farbzentrenwolke. Der klare Hauptteil des Kristalls zeigt die Durchschlagbahn, von der ein Teil als Oberflächenfunke verläuft, während die Bahn im Kristall nicht geradlinig in Richtung der Würfelkante, sondern mehrfach geknickt in Richtung der Flächendiagonale erfolgt. Nach der Anode hin enden die Bahnen blind, durch die exponentiell zur Anode hin ansteigende Elektronenstromstärke eingeschmolzen.



a Farbzentrenwolke *b, c* Durchschlagsbahn

Abb. 12. Durchschlag in Steinsalz.

Ist die Spannung nicht so hoch, daß der Durchschlag sofort erfolgt, so bewirkt die Elektroneneinwanderung von der Kathode eine Natriumabscheidung in Form von feinen Dendritästen, die mit großer Geschwindigkeit auf die Anode zu wachsen. [A. v. Hippel, Z. Physik 98 (1936) S. 580.] *ue.*

537. 561 : 546. 21 **Minimalspannung für Ozonbildung durch Elektronenstoß.** — Zur Messung der Minimalspannung für die Ozonbildung durch Elektronenstoß sind genügend starke und homogene Elektronenströme erforderlich. Daher verlegen F. Krüger und Ch. Zimmermann die Elektronenquelle, mehrere Wehnelt-Glühkathoden, in den Reaktionsraum. Dieser enthält Sauerstoff von 0,3 Torr; er wird durch flüssige Luft gekühlt. Das gebildete Ozon wird dann sofort kondensiert, die Druckabnahme ist das empfindlichste Verfahren zum Nachweis der Ozonbildung. Das Minimumpotential wird zu 6,3 V gefunden, unter Berücksichtigung der Volta-Potentialdifferenz zwischen Glühkathode und Anode. Eine Untersuchung der Bandenspektren des Sauerstoffmoleküls ergibt Werte zwischen 6,09 und 7,05 V. Für die Ozonbildung der angeregten O'_2-Moleküle kommen hiervon die Werte unter 7,05 V in Frage, für die Ozonbildung durch den Zerfall in ein angeregtes und ein unangeregtes *O*-Atom ein Elektronenstoßpotential von 7,05 V. Das Minimumpotential liegt über dem Wert von 5,09 Elektronenvolt für die Dissoziationswärme des Sauerstoffmoleküls. Der Unterschied beruht darauf, daß bei der thermischen Dissoziation des Sauerstoffmoleküls zwei normale nicht angeregte Atome entstehen, während beim Elektronenstoß ein angeregtes und ein nicht angeregtes Atom gebildet werden. [F. Krüger u. Ch. Zimmermann, Z. Physik 99 (1936) S. 42.] *Br.*

537. 525-96 : 535. 2 **Periodische Lichtemission einer mit Hochfrequenz betriebenen Entladungsröhre.** — Um festzustellen, ob das Licht einer mit Hochfrequenz betriebenen Geißlerschen Röhre periodischen Charakter hat, läßt A. R. Frey das Licht auf eine photoelektrische Zelle fallen, deren Spannung mit derselben oder der doppelten Frequenz wechselt. Die Spannungen an der Zelle und der Entladungsröhre können durch Veränderung der Koppelung der beiden erregenden Kreise eine Phasenverschiebung erhalten, die aus den Lissajousschen Figuren auf dem Schirm einer Braunschen Röhre bestimmt wird. Bei gleichförmiger Beleuchtung kann diese Phasenverschiebung keinen Einfluß auf den Photostrom haben. Es zeigt sich aber, daß der Photostrom bei einer von der Frequenz abhängigen Phasenverschiebung Höchstwerte aufweist. Daraus folgt, daß das ausgesandte Licht bis zu einer Frequenz von 10^7 Hz periodischen Charakter hat. Bei 10^5 Hz tritt das Maximum des Photostroms noch praktisch bei der Phasendifferenz 0 auf. Bei 10^7 Hz ist die erforderliche Phasenverschiebung aber bereits größer als 90 °. Da die Emission von Photoelektronen spätestens 10^{-8} s nach dem Aufhören der Belichtung erlischt, kann geschlossen werden, daß die Lichtemission von den angeregten Atomen der Entladungsröhre noch nach Beendigung der Anregung für eine Zeit von der Größenordnung $5 \cdot 10^{-8}$ s weiter besteht. Die Phasenverschiebung läßt sich auch durch eine Vergrößerung des Abstandes zwischen Entladungsröhre und Photozelle vergrößern. So läßt sich die Lichtgeschwindigkeit mit einer Genauigkeit von 5 % bestimmen. [A. R. Frey, Physic. Rev. 49 (1936) S. 305.] *Wba.*

537. 311. 3 : 546. 24 **Anomale elektrische Leitfähigkeit in pulverförmigem Tellur.** — Während in den metallischen Leitern angenähert auf jedes Atom ein freies Elektron kommt, enthält Tellur wahrscheinlich nur ein freies Elektron auf eine Million Atome. Daher treten bei ihm manche Erscheinungen auf, die vielleicht auch bei anderen Metallen vorhanden sind, aber wegen ihrer Kleinheit durch andere Einflüsse verdeckt werden. Dahin gehört wohl auch die Beobachtung von C. H. Cartwright, daß reines pulverförmiges Tellur unter einem Druck von 1000 at eine elektrische Leitfähigkeit zeigt, die mehr als zehnmal größer ist als die eines zusammenhängenden Tellurkristalls unter dem gleichen Druck. Wahrscheinlich werden durch den Druck die Struktur und die intermolekularen Kräfte im Tellur so geändert, daß die Zahl der freien Elektronen vergrößert wird. [C. H. Cartwright, Physic. Rev. 49 (1936) S. 443.] *Br.*

621. 317. 755. 015. 1 **Das Potential eines im Hochvakuum isolierten Auffangschirmes bei Beschießung mit Elektronen.** — Eine im Hochvakuum isoliert gehaltene Metallplatte lädt sich bei Beschießung mit Elektronen mit steigender Anodenspannung zuerst (bei der Versuchsanordnung bis zur Anodenspannung 85 V) negativ gegen die Anode auf, hält sich von da ab auf einem Potential, das etwa dem der Anode entspricht und nimmt je nach Werkstoff, Vorbehandlung und Einfallswinkel der Elektronen von 2,6 bis 5 kV ab wieder ein dem weiteren Steigen der Anodenspannung proportionales, gegen Anode negatives Potential an. Maßgebend für dieses Verhalten ist die Sekundäremissionskennlinie des betreffenden Metalls: Die Knickpunkte im Anodenspannungs-Plattenspannungsdiagramm liegen genau dort, wo der Sekundäremissionsfaktor (in Abhängigkeit von der Anodenspannung) den Wert Eins erreicht[1]). Für eine auf der Platte aufgetragene Leuchtsubstanz ist die Sekundäremission wahrscheinlich größer als Eins, solange bei konstantem Elektronenstrom die Leuchtintensität proportional der Beschleunigungsspannung ansteigt. [H. Strübig, Physik. Z. 37 (1936) S. 402.] *Kll.*

Allgemeiner Maschinenbau.

621. 165 : 537. 364 **Über die Ursachen der elektrischen Aufladung von Turbinenläufern mittels Dampf.** — Die Tatsache, daß die Turbinenwelle in Abhängigkeit von den Betriebsverhältnissen sowohl positiv als auch negativ geladen sein kann, zwingt zur Annahme, daß die Elektrisierung des Turbinenläufers nicht durch die einfache Dampfreibung an den Schaufeln, sondern durch den Lenard-Effekt hervorgerufen wird. Lenard hat, wie bekannt, festgestellt, daß beim Zusammenstoß eines Wassertropfens mit einem Hindernis von der Oberfläche des Tropfens ganz feine negativ geladene Teilchen sich abtrennen und daß der verbleibende Kern des Tropfens positiv geladen ist. Lisunoff nimmt an, daß gleiche Erscheinungen auch während der Bewegung des Tropfens in einem Dampfstrom auftreten können und daß das positive Potential der Welle durch den Stoß großer Wassertropfen gegen die Turbinenschaufeln und das negative Potential — durch ihre Berührung mit negativ geladenen feinen Tropfenteilchen verursacht wird. Die Zerstörung des Tropfens im letzten Fall kann entweder im Dampfstrom oder auch durch den Stoß gegen die Leitschaufeln erfolgen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß das negative Potential auch dann entstehen kann, wenn die Tropfen in der Richtung der Tangente zur Schaufelfläche sich bewegen und die Schaufeln durch die abgeschabten kleinen Tropfenteilchen negativ aufladen.

Auf Grund einer Reihe von Diagrammen, in welchen die Abhängigkeit der elektrischen Aufladung der Turbinenwelle vom Vakuum und von der Belastung dargestellt ist, wird behauptet:

1. daß das Vorzeichen der Aufladung, teilweise auch die Größe derselben von den Dampfverhältnissen in den

[1]) Diese Ergebnisse decken sich größtenteils mit ähnlichen Untersuchungen von Knoll, Z. techn. Physik 16 (1935) S. 467 (d. Ber.).

Digitized by Google

letzten Stufen der Turbine und somit auch vom Vakuum im Kondensator abhängt, und

2. daß bei gleichbleibendem Vakuum oder kleinen Änderungen desselben die Größe der Aufladung von der Feuchtigkeit in den letzten Stufen der Turbine und von der Turbinenbelastung (Dampfmenge) bedingt wird.

Die praktische Auswertung dieser Theorie ist die folgende:

Wenn der Stoß von Wassertropfen gegen die Schaufeln ein positives Potential an der Welle der Turbine hervorruft, so hat anderseits dieser Stoß auch eine Erosion des Metalls der Schaufeln zur Folge. Das positive Potential ist somit gewissermaßen ein Anzeichen der stattfindenden Erosion. Die Beobachtungen an 50 000- bzw. 22 000-kW-Turbinen des Kraftwerks Kaschira zeigen tatsächlich, daß die Schaufeln der Turbine, deren Welle in den letzten zwei Jahren stets positives Potential gehabt hat, die größte Erosion, — und Turbinen, deren Wellen abwechselnd sowohl positiv als auch negativ geladen waren, die geringste Erosion aufweisen. [Lisunoff, Elektritscheskije stanzil (1936) H. 6.] *T. S.*

Werkstatt und Baustoffe.

620. 19 : 531. 43 **Mitwirkung des Luftstickstoffs beim Dauerbruch.** — Es ist bereits bekannt, daß bei trockener Reibung von Eisen und Stahl Eisenoxyd entsteht, ebenso daß an Einspannstellen, Nabensitzen u. dgl. roter bis schwarzer Rost (Reibungsrost oder Bluten) beobachtet wird. Diese Reiboxydation wurde auch als eine der Ursachen für die Verminderung der Dauerhaltbarkeit an Einspann- und Scheuerstellen angesehen. Nach Beobachtungen in der Kruppschen Versuchsanstalt bilden aber sehr häufig blank geriebene Stellen der Oberfläche, an denen Reibungsrost nicht festzustellen ist, den Ausgangspunkt von Dauerbrüchen. Die metallographische Untersuchung dieser Stellen führte schließlich zu dem Befund, daß nicht der Sauerstoff, sondern der Stickstoff an der Oberflächenzerstörung beim Fressen aufeinander gleitender Stahlteile maßgebenden Anteil hat. H. Schottky und H. Hiltenkamp bringen eine Reihe kennzeichnender Beispiele und belegen sie durch zahlreiche Lichtbilder. Diese zeigen, daß an den beanspruchten Stellen der Werkstoff der Randschicht sich in die Unterlage eingedrückt und diese stark verformt hat; er ist also augenscheinlich sehr hart, was auch die Ritzhärteprüfung bestätigt. Die mikrochemische Untersuchung zeigt eine Stickstoffanreicherung an der Oberfläche, z. B. 0,034 % N an der Oberfläche gegen 0,007 % im Innern. Absolut genommen sind die Stickstoffwerte also nicht sehr hoch. Da die Nitridbildung aber in den Korngrenzen beginnt, wird die Oberflächenschicht spröde und bröckelig. Von dieser verquetschten und versprödeten Oberfläche gehen dann bei Wechselbeanspruchung Risse aus, die den Ursprung von Dauerbrüchen bilden können. [H. Schottky u. H. Hiltenkamp, Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 444.] *Br.*

669. 71 : 621. 357. 12 **Wachstum und Aufbau elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxydschichten.** — Bekanntlich verwandelt sich eine Anode aus Aluminium durch den an ihr elektrolytisch erzeugten Sauerstoff oberflächlich in Aluminiumoxyd. Um Schichten über 1 µ Dicke zu erhalten, muß nach Th. Rummel der Elektrolyt lösen und an der Anode Sauerstoff abscheiden können. Als günstig erweist sich eine Mischung aus Oxalsäure und Bernsteinsäure. Es gelingt, Schichten bis etwa 60 µ Dicke ohne Schwierigkeiten zu erreichen. Darüber hinaus treten Anfressungen auf, die ein weiteres Wachstum verhindern. Zunächst verkleinert sich der Schichtwiderstand. Ist der Abfall etwa 25 %, so wird die vorher harte Schicht weich und abreibbar. Schließlich löst sich die Schicht ab, während der Widerstandsabfall 80 % und mehr beträgt. An den von der Schicht entblößten Aluminiumstellen treten kraterartige tiefgehende Zerstörungen auf. Die Ursache der Anfressungen ist die Temperaturerhöhung des Aluminiumkernes; sie beginnen bei 35° C. Zur Vermeidung ist daher nicht nur der Elektrolyt, sondern auch der Aluminiumkern von der Rückseite aus zu kühlen. Ferner sind die Stromkonzentrationen durch Verwendung möglichst großer Vorschaltwiderstände zu begrenzen. So gelingt es, Schichtdicken in einwandfreier Beschaffenheit bis zu 600 µ zu erhalten.

Das Kennzeichnende der Schichten hinsichtlich der zu ihrer Erzeugung verwendeten Stromart ist: Gleichstrom: Harte, spröde, an elektrischen Verlusten arme, sehr durchschlagsfeste Schichten, hohe Formierungsspannung, daher teuer. Wellenstrom: Niedrige Formierungsspannung, daher billig, hohe Durchschlagsfestigkeit, etwas weicher als Gleichstromschichten, mehr elektrische Verluste. Wechselstrom: Weiche elastische Schichten, große Verluste, kleine Durchschlagsfestigkeit, geringe Härte. Bei der Formierung der Gleich- und Wellenstromschichten sind die Faradayschen Gesetze erfüllt. Die Schichten bestehen aus einer äußerst dünnen, etwa 60 V Formierungsspannung verbrauchenden Schicht und einer hauptsächlich ohmschen Widerstand bietenden dicken Schicht. Diese dicken Schichten sind porös; die Poren verlaufen, wie Mikrophotographien zeigen, ziemlich regelmäßig senkrecht zur Oberfläche und haben einen Durchmesser von etwa 0,1 µ. Die Schichten wachsen an der Grenze Oxyd gegen Metall, wie durch Färbung der Schicht und weitere Verstärkung nachgewiesen werden kann. Der Elektrolyt verwandelt die Schicht allmählich in Hydroxyd. Diese Hydroxydbildung beeinflußt stark die dielektrischen Eigenschaften. Die Stromleitung erfolgt im wesentlichen in den Poren und dem sie umgebenden Hydroxyd. Die Poren enthalten dabei wenigstens am Grunde eine Gasfüllung. [Th. Rummel, Z. Physik 99 (1936) S. 518.] *Wba.*

621. 357. 12 : 669. 71 **Die Härte der Überzugsschichten bei der anodischen Oxydation.** Das verschiedenartige Ausfallen der Härte der durch anodische Oxydation von Aluminium und seinen Legierungen erzeugten Schutzschichten aus Tonerde, die den Werkstoff gegen den chemischen Angriff schützen sollen, war der Anlaß zu Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur und Konzentration des Bades, der Stromstärke und der Dauer der Elektrolyse. Demnach nimmt die Härte der Schutzschicht sehr schnell und ziemlich gleichmäßig mit der Temperatur ab. Das wird dadurch erklärlich, daß mit steigender Temperatur die Tonerdeschicht wieder aufgelöst wird; infolgedessen wird auch die Dicke des Films mit der Temperatur entsprechend dünner.

Weiter fällt die Härte mit zunehmender Konzentration des Elektrolyten; demnach werden die höchsten Härtegrade mit schwachen Konzentrationen erhalten. Auch in diesem Falle führt eine hohe Konzentration, namentlich an Säuren, zu einer Wiederauflösung des Tonerdefilms zu dünnen Überzugsschichten und demnach zu niedrigen Härten.

Nach der Untersuchung über den Einfluß der Stromstärke und die Dauer der Elektrolyse nimmt die Härte mit der Elektrizitätsmenge zu, ferner kann die hohe Stromstärke durch eine längere Dauer der Elektrolyse ersetzt werden.

Setzt man eine niedrige Temperatur und schwache Konzentration des Bades voraus, so ist der wichtigste Punkt für die Einstellung der Härte der erzeugten Tonerdeschicht die Elektrizitätsmenge, von der die Dicke der Schutzschicht und deren Härte abhängt. [A. Hache, Aciers spéc. 9 (1936) H. 129, S. 116.] *Kp.*

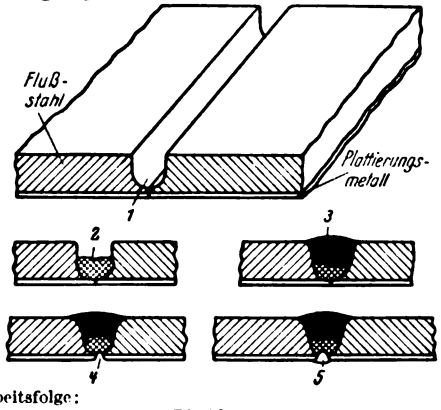
621. 795 **Plattierte Bleche, ihre Verarbeitung und Verwendung.** — Voraussetzung für eine einwandfreie Walzplattierung ist die Beachtung der für das jeweils vorhandene Plattierungsmetall geltenden besonderen Verarbeitungsvorschriften. Außerdem muß die Plattierungsseite fugenlos verarbeitet werden, da andernfalls keine vollkommene Korrosionsbeständigkeit erreicht wird.

So nimmt Nickel beim offenen Glühen leicht schwefelhaltige Gase auf, wodurch es brüchig wird. Die Kaltverarbeitung weist keinerlei Abweichung von den bei Flußstahlblechen üblichen Arbeitsverfahren auf. Fertig gebördelte nickel- und kupferplattierte Behälterböden können bis zu den größten Abmessungen fabrikationsmäßig hergestellt werden. Bei der Warmverarbeitung empfiehlt es sich, die Eigenschaften des Plattierungswerkstoffes zu beachten, so daß keine Schäden durch Schwefelaufnahme u. dgl. eintreten.

Beim Schweißen von plattierten Stahlblechen verdient die Frage der gegenseitigen Diffusion der beiden Werkstoffe besondere Beachtung. Aus Gründen der Korrosionsbeständigkeit muß der Eisengehalt der Schweißnähte auf der Plattierungsseite möglichst niedrig gehalten werden. Das sicherste Verfahren ist die Metall-Lichtbogenschwei-

Digitized by Google

ßung, die sowohl für die Stahlseite als auch für die getrennt durchgeführte Schweißung der Plattierung angewandt wird. Bei der Durchführung der Metall-Lichtbogenstumpfschweißung schrägt man die Blechkanten von der Stahlseite aus U-förmig ab (s. Abb. 13). Wichtig ist die Herstellung einer Übergangszone mit hochlegierter Elektrode, die bei der späteren Schweißung der Nickelseite die Diffusionsgeschwindigkeit des Eisens in die Nickelschicht stark herabsetzt. Die Plattierungsseite wird mit sehr dünner Elektrode unter Zugabe von Plattierungsmetall geschweißt. Die Herstellung von Kehlnähten, Überlapptschweißungen und besondere Lagen der Schweißnähte erfordern bei den legierten Stahlblechen besondere Arbeitsbedingungen.



Arbeitsfolge:
1 Vorbereiten der Blechkanten
2 Schweißen der Stahlseite mit legierter Elektrode (nur bei Nickel als Plattierungsmetall)
3 Fertigschweißen der Stahlseite mit Stahlelektrode
4 Vorbereiten der Plattierungsseite
5 Schweißen der Plattierungsseite

Abb. 13. Stumpfnahtschweißen von plattierten Stahlblechen.

Beim Entwurf von Geräten aus plattierten Blechen für die chemische Industrie muß die Forderung nach einer ununterbrochenen Plattierungsschicht erfüllt werden. Grundsätzlich verlangt dies keine neuen Bauarten, sondern nur die Berücksichtigung der besonderen Eigenschaften der plattierten Stahlbleche. Die Wahl besonderer Stähle mit hoher Warmfestigkeit oder Alterungsbeständigkeit sowie die Möglichkeit der Verwendung großer Wandstärken in wirtschaftlich tragbaren Grenzen läßt sogar meistens eine einfachere Bauweise als bei einmetallischen Werkstoffen zu.

Die Bedingungen für die geeignete Verwendung der plattierten Stahlbleche sind gegeben, wenn der Werkstoff aus baulichen Gründen in so großen Abmessungen verlangt wird, daß die Verwendung eines einmetallischen Werkstoffes wirtschaftlich nicht tragbar ist, oder die Herstellung einer Blechauskleidung baulich nicht möglich ist, oder eine leichtere Bauart angestrebt werden soll, oder der Werkstoff von beiden Seiten verschiedenen Einwirkungen ausgesetzt ist oder schließlich die Werkstoffkosten des Gerätes den Hauptanteil der Gesamtkosten ausmachen. Bei voller Ausnutzung der wertvollen Eigenschaften der plattierten Stahlbleche ergeben sich im Gerätebau neue Wege der Gestaltung und Fertigung. [B. Trautmann, Masch.-Bau 15 (1936) S. 295.] *E. B.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

621. 311. 1 (063) **6. Kongreß der Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique vom 10. bis 20. 6. 1936 in Scheveningen.** — Eine große Zahl von Fachleuten der 26 Mitgliedsländer der „Union" war dem Ruf des Organisationskomitees gefolgt. In diesem Jahre waren erstmalig auch Deutschland und Ungarn vertreten. Der Beitritt Großbritanniens soll bald bevorstehen.

In 10 Arbeitssitzungen wurde die große Zahl von 89 Fachberichten, die von zehn europäischen Ländern eingesandt worden waren, behandelt. Die größte Zahl der Beiträge entfiel auf Frankreich (30), die Tschechoslowakei (13), Belgien (11), die Schweiz (10) und Rumänien (10), während die übrigen 15 Berichte von Ungarn, Holland, Deutschland, Polen und Spanien eingereicht worden waren.

Bei den Wasserkraftanlagen (Ausschuß I) wurden Strömungsuntersuchungen in Kanälen und Druckleitungen, Sandentfernungsvorrichtungen, Verwendung neuartiger Hochdruck-Rohrleitungen behandelt, vornehmlich mit Beiträgen aus der Wasserkraftwirtschaft der Schweiz und Frankreichs.

Im Ausschuß II, der sich mit der Wärmekrafterzeugung befaßte, wurde über neuere Betriebserfahrungen z. B. aus dem neuen Hochdruck-Kraftwerk St. Denis II, die Hebung des Wirkungsgrades von Kesseln durch den Versuch der nochmaligen Verbrennung der verloren gegangenen Flugasche (Ruß), die experimentelle Bestimmung des Einflusses der Vakuumänderung an Turbinen und Kondensatoren auf den Dampfverbrauch, berichtet.

Die Beiträge zu der Frage der Hochspannungskabel (Ausschuß III a), umfaßten Erfahrungen an 150- und 220 kV-Kabeln, Kabelverlegung im Bergwerksgelände, Versuche an Hochspannungskabeln, Untersuchungen über die Lebensdauer von Kabeln sowie von Schäden an Kabeln und Hochspannungskabelmuffen, Untersuchungen mit einer Petersen-Spule in einem Kabelnetz, sowie die Erforschung des elektrolytischen Angriffs auf unterirdische Leitungen und Möglichkeiten zu ihrer Beseitigung.

Bei der Hochspannungsfortleitung (Ausschuß III b) wurde eingehend über Hochspannungsschalter mit und ohne Öl berichtet, auch über Luftschalter wurden gute Erfahrungen gemeldet. Arbeiten über Störungsschutz wurden in Angriff genommen. Erfahrungen mit Hochspannungs-Schmelzsicherungen, Berichte über Rundfunkstörungen, die durch Hochspannungsisolatoren verursacht worden waren, Wege zur Bestimmung blitzgefährdeter Stellen, die durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft möglich ist, wurden bekanntgegeben. Die Blitzschutzeinrichtungen neuer Hochspannungsleitungen wurden behandelt. Ein Bericht enthält Vorschläge zur systematischen Feststellung der Rauhreifgefahr.

In der Gruppe Mittel- und Niederspannung (Ausschuß III c) sind zu erwähnen: die zweckmäßige Bemessung von Steigeleitungen, die Überwachung und Aufnahme von Schäden, die Verringerung der Leerlaufverluste und die Erhöhung der Sicherheit bei Transformatoren, die Frage von Schmelzsicherungen und Kleinautomaten bei Kleinabnehmern, die wirtschaftliche Bedeutung der Spannungsregulierung an verschiedenen Netzstellen, die Verminderung des Geräusches von Transformatorenstationen und der Verbundbetrieb zwischen Überlandwerken und Industriezentralen.

Im Ausschuß IV wurden die Fragen der Werksselbstkosten und deren Einfluß auf die Tarifgestaltung behandelt. Ferner lag ein statistischer Beitrag über elektrische Unfälle vor.

Die Gruppe Anwendung und Werbung (Ausschuß V) war verständlicherweise am stärksten beschickt. Die Berichte über die elektrische Küche, über elektrische Installation in der Landwirtschaft, über Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft interessierten sehr. Die Werbeverfahren für die verschiedensten Anwendungsgebiete der elektrischen Energie wurden eingehend behandelt, u. a. eine Statistik über elektrische Raumheizungen in Frankreich mit über 25 kW Anschlußwert. Die Frage des Wettbewerbs mit Eigenanlagen und insbesondere Dieselmotoren wurde ebenfalls gestreift. Weiter sind noch zu erwähnen Berichte über den Verkauf von Haushaltgeräten, die Zusammenarbeit mit den Installateuren, die starke Absatzsteigerung der Elektroküche in allen Ländern und der Wettbewerb mit anderen Energiearten, der Einfluß des Kochstromes auf die Belastung der Elektrizitätswerke, Heißwasserspeicher, Kühlschränke, Dreschstrom, Oberleitungsomnibusse, Straßenbeleuchtung, Überschußenergie, Städte-Fernheizung.

Für den Ausschuß VII Statistik lag nur ein Bericht über die Statistik als Kampf- und Abwehrmittel der Elektrizitätswerke vor.

Im Ausschuß VIII Organisation wurde die Betriebsweise von Elektrizitätswerken einiger Länder behandelt, ferner die Berufserziehung der Gefolgschaften. Auch ein Bericht über eine laufende Kostenüberwachung ist zu erwähnen.

Schließlich lag noch für den Ausschuß IX Allgemeine Fragen ein Bericht über wirtschaftliche und soziale Bedeutung der Elektrizitätserzeugungs- und -verteilungsanlagen vor. *Mkz.*

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Die Elektrizitätswirtschaft Indiens und der angrenzenden britischen Hoheitsgebiete.

Von P. Frhr. von Stritzl, London.

621. 311. 1. 003. 1. (54)

Die neuere Entwicklung der britisch-indischen Elektrizitätswirtschaft kennzeichnet sich durch planmäßigen Ausbau eines Teiles der reichlich vorhandenen Wasserkräfte, verbunden mit einem starken Anstieg des Stromabsatzes. Dabei sind, wie aus dem Übersichtsplan (Abb. 1) ersichtlich ist, deutlich folgende Schwerpunkte zu unterscheiden:

a) Die Gegend um Bombay, in welcher die zum Tata-Konzern gehörigen drei Wasserkraftwerke, insgesamt 183 500 kW leistend, mit einer Jahreserzeugung von zusammen 400 Mill kWh[1]) die Stadt Bombay, die elektrisch betriebenen Haupt- und Vorortbahnstrecken und die in der Nähe angesiedelte Baumwollindustrie mit Strom beliefern. Ein zweites wichtiges Zentrum der Baumwollindustrie liegt weiter nördlich um Ahmedabad.

b) Kalkutta mit dem bengalischen Industriebezirk, in welchem neben Bergwerken und dem Stahl- und Eisenwerk der Firma Tata insbesondere die Jutespinnerei von Bedeutung ist. In Kalkutta selbst erfolgt die Stromlieferung aus vier Dampfkraftwerken von zusammen 183 375 kW, die im Besitz einer englischen Gesellschaft sind und im Jahre 1934 insgesamt 281 Mill kWh absetzten. Von den Industriewerken der Umgebung ist das Tata-Dampfkraftwerk mit 53 200 kW installierter Maschinenleistung und 150 Mill kWh Jahreserzeugung das bedeutendste.

c) Im gebirgigen Teil Südindiens ist zur Versorgung der Goldbergwerke, Plantagen und dort angesiedelten Industrien eine Gruppe von Wasserkraftwerken entstanden, deren bedeutendste die Anlagen in Sivasamudram (Staat Mysore) und Pykara (Provinzialregierung von Madras) sind. Die Errichtung weiterer Werke in Mettur, Periyar, Papanassam und Kolah ist beabsichtigt.

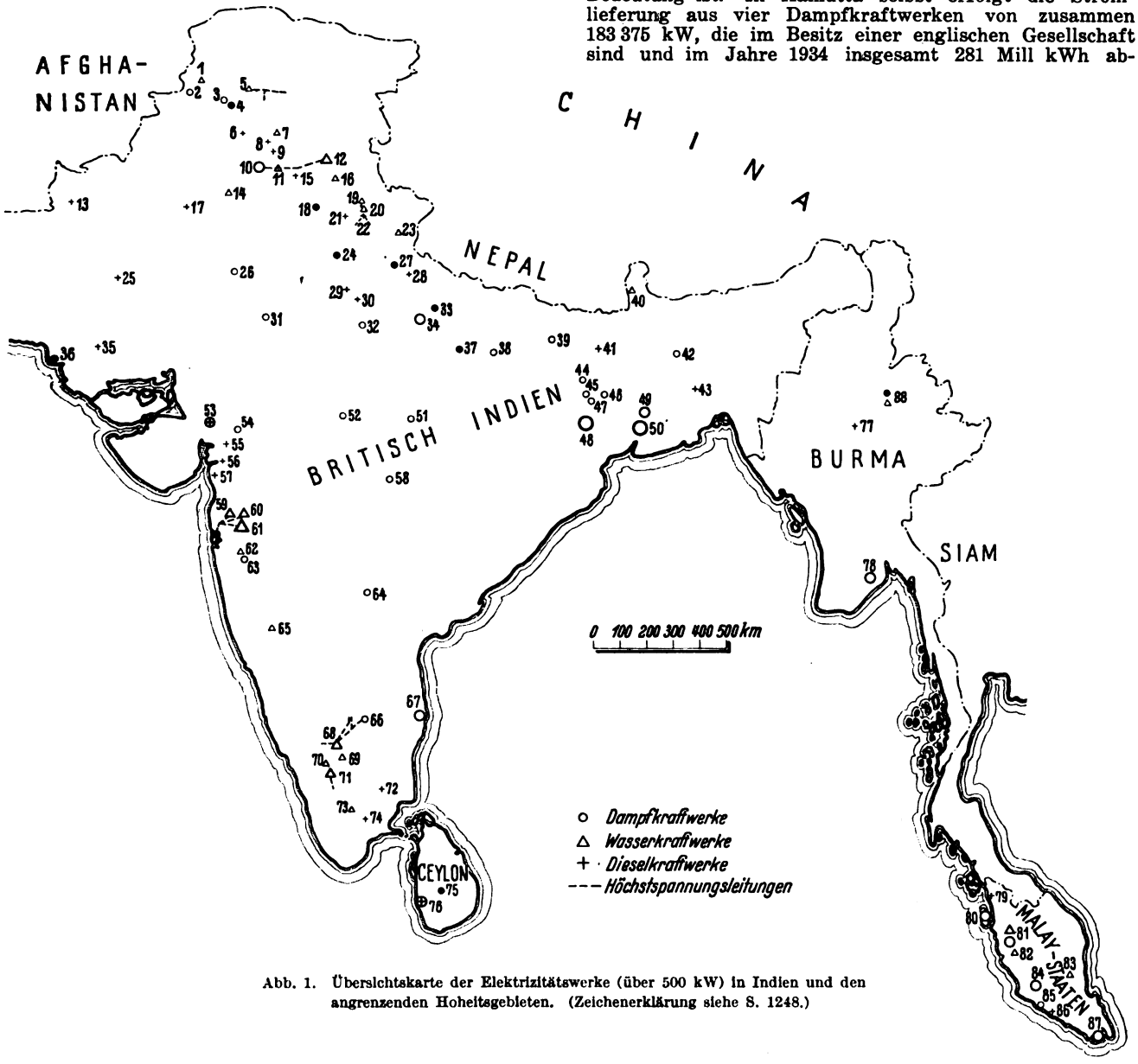


Abb. 1. Übersichtskarte der Elektrizitätswerke (über 500 kW) in Indien und den angrenzenden Hoheitsgebieten. (Zeichenerklärung siehe S. 1248.)

[1]) Die Zahlenwerte beziehen sich auf das Jahr 1934. Da verläßliche Angaben nur teilweise vorhanden sind, kann kein Anspruch auf Genauigkeit erhoben werden.

Digitized by Google

Zeichenerklärung zu Abb. 1 (Angaben in kW).

Nr.	Ort	Dampf	Diesel	Wasser
1	Malakand	—	—	9 600
2	Peshawar	900 + 800	—	—
3	Khaur	735	—	—
4	Rawalpindi	3830	+ 500	—
5	Mohora (Srinagar)	—	—	4 000
6	Khewra	—	700	—
7	Jammu	—	—	1 200
8	Sialkot	—	625 + 295	—
9	Dharival	—	900	—
10	Lahore	10 200 + 7600	—	—
11	Amritsar	—	1325	
12	Mandi (Uhl River)	—	—	48 000
13	Quetta	—	650	—
14	Renala	—	—	1 100
15	Jullundur	—	606	—
16	Simla	—	550	1 750
17	Multan	—	770	—
18	Patiala	920		—
19	Dehra Dun	—	—	4 000
20	Bahadrabad	—	—	5 700
21	Saharanpur	—	750	—
22	Sumera	—	1 885	—
23	Naini Tal	—	—	800
24	Delhi	3400 + 2900	+ 100	—
25	Sukkur	—	1350 + 675	—
26	Bikaner	2 370	—	—
27	Bareilly	825		—
28	Shahjahanpur	—	500	—
29	Muttra	—	500	—
30	Agra	—	1 160	—
31	Ajmer	2 150	—	—
32	Gwalior	2 000	—	—
33	Lucknow	2 850		—
34	Cawupore	34 500	—	—
35	Hyderabad (Sind)	—	1 020	—
36	Karachi	7 370		—
37	Allahabad	3 950	215	—
38	Benares	5 000	—	—
39	Patna	1 860	—	—
40	Darjeeling	—	—	1 130
41	Bhagalpur	—	900	—
42	Jamalpur	3 950	—	—
43	Dacca	—	1 500	—
44	Giridih	4 650	—	—
45	Sijua	4 000	—	—
46	Dishergarh	1 000	—	—
47	Kargali	3 000	—	—
48	Jamshedpore	53 200	—	—
49	Gourepore	29 350	—	—
50	Calcutta	183 375	—	—
51	Jubbulpore	3 200	—	—
52	Bhopal	1 100	—	—
53	Ahmadabad	17 910		—
54	Godhra	500	2 000	—
55	Baroda	—	—	—
56	Broach	—	750	—
57	Surat	—	1 520	—
58	Nagpur	1 550	—	—
59	Khopoli	—	—	48 000
60	Andhra Valley	—	—	48 000
61	Bhira	—	—	87 500
62	Bhatghar	—	—	1 024
63	Poona	3 680	—	—
64	Hyderabad (Deccan)	9 000	—	—
65	Gokak	—	—	1 250
66	Kolar	2 500	—	—
67	Madras	34 000	—	—
68	Sivasamudram	—	—	42 000
69	Karteri	—	—	1 000
70	Glen Morgan	—	—	1 000
71	Pykara	—	—	18 750
72	Trichinopoly	—	690	—
73	Munnar Valley	—	—	1 100
74	Madura	—	750	—
75	Kandy	550		—
76	Colombo	11 940		—
77	Mandalay	—	1 365	—
78	Rangoon	14 000	—	—
79	Kedah	—	857	—
80	George Town (Penang)	14 500	—	—
81	Perak	28 500	—	27 000
82	Kampar	—	—	1 000
83	Pahang	—	—	1 100
84	Kuala Lumpur	15 000	—	—
85	Pengkalen	3 750	—	-
86	Malacca	—	700	—
87	Singapore	22 000	—	—
88	Nam-tu	2 840		10 000

d) Die Wasserkraftwerke am Südabhang des Himalayagebirges, deren Energie zum großen Teil für Bewässerungszwecke verwertet wird. Zu den älteren Anlagen im Staate Kashmir (5200 kW) sind in den letzten Jahren die Werke in Mandi (derzeit 40 000 kW; vorgesehener Endausbau 120 000 kW) und im oberen Gangestal (5700 kW; Endausbau 10 000 kW) von den betreffenden Provinzialregierungen errichtet worden. Die Regierung der Nordwestprovinz hat ein Werk von 9600 kW in Angriff genommen.

e) Das Industriegebiet in den Vereinigten Provinzen, mit dem Schwerpunkt in Cawnpore, mit einigen privaten Dampfkraftwerken.

f) Das Bergbaugebiet von Nam-tu in Burma.

g) Die Zinnbergwerke in den Malayischen Staaten, mit den Hauptkraftwerken im Staate Perak.

In den übrigen Landesteilen bestehen zahlreiche kleinere Werke, meist mit Dieselantrieb. Eine Übersicht über die Gesamtleistungsfähigkeit der Werke und die Stromabgabe gewährt die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Einwohnerzahl in Mill	Antriebskraft	Anzahl der Werke rd.	Leistung MW	Nutzbare Stromabgabe Mill kWh	Nutzbare Stromabgabe kWh je Einw.	Mittlere Benutzungsdauer der installierten Leistung h
Britisch-Indien einschließlich der indischen Staaten und Burma:						
	Öffentliche Werke:					
	Dampf	50	490	580		1185
	Diesel	220	65	85		1310
360	Wasser	20	317	570	4,1	1800
	Industriewerke*)					
	Dampf oder Diesel	10	105	240		2280
	Wasser	5	9	15		1670
Ceylon:						
	Öffentliche Werke:					
5,6	Dampf oder Diesel	5	13	14	2,5	1100
Malayische Staaten:						
	Öffentliche Werke:					
	Dampf	5	84	80		960
4,2	Diesel	10	3	5	37,1	1660
	Wasser	4	30	71		2400
Gesamtgebiet:						
369,8	Dampf oder Diesel	300	760	1004	4,5	1320
	Wasser	29	356	656		1850
369,8	zusammen	329	1116	1660	4,5	1485

*) Soweit Angaben erhältlich waren. Eine Reihe von Industriewerken mit teilweiser Stromabgabe an benachbarte Wohnbezirke sind in der Gruppe der „Öffentlichen Werke" enthalten.

Demnach entfallen von der vorhandenen Maschinenleistung rund zwei Drittel auf Wärmekraftmaschinen, ein Drittel auf Wasserkraft. Die Benutzungsdauer ist bei den Wärmekraftwerken bemerkenswert hoch, was wohl zum Teil auf den Einfluß der tagsüber beträchtlichen Lüfterlast zurückzuführen sein dürfte; der niedrige Wert für die Dampfwerke in den Malayischen Staaten kommt daher, daß eines der größten Werke (Perak) nur als Reserve für das zugehörige Wasserkraftwerk dient. Daß die durchschnittliche Benutzungsdauer der Wasserkraftwerke nicht höher liegt, erklärt sich daraus, daß einige von den größten Werken erst seit kurzer Zeit in Betrieb stehen, und daher noch wenig belastet sind.

Auffallend gering ist der Durchschnittswert der jährlichen Stromabgabe je Einwohner, um so mehr wenn man bedenkt, daß einzelne Städte bereits Verbrauchsziffern von etwa 200 kWh je Einwohner aufweisen. Man muß überhaupt bei einer Betrachtung der indischen Energiewirtschaft die Tatsache im Auge behalten, daß der überwiegende Teil der Bevölkerung nicht in den Städten, sondern auf dünn besiedelten Gebieten von großer Ausdehnung verteilt lebt, deren Versorgung mit elektrischem Strom eine derzeit wirtschaftlich kaum lösbare Aufgabe darstellen würde. Immerhin wurden bereits große Fortschritte erzielt, und es darf mit einer regen Bautätigkeit auf lange Sicht gerechnet werden.

Digitized by Google

Kanadas Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1935.

621. 311. 1. 003. 1 (71)

Die Verwertung der verfügbaren Wasserkräfte hat 1935 weitere Fortschritte gemacht. Die Turbinenleistung stieg von 7,5 Mill PS am 1. 1. 1935 auf 7,9 Mill PS am 1. 1. 1936, also um 5,3 %. Auf einen größeren Zeitraum gerechnet hat sich die Verwertung der Wasserkräfte wie folgt entwickelt: seit 1929 stieg die Turbinenleistung um 39 %, seit 1913 um 370 % und seit 1900 um 4500 %. Im einzelnen entfielen von der am 1. 1. 1936 verwerteten Wasserkraft 49 % auf die Provinz Quebec, 32 % auf Ontario, 9 % auf Britisch-Columbia, 5 % auf Manitoba und 5 % auf die übrigen sechs Provinzen. Die Verwertung der insgesamt verfügbaren Wasserkräfte hat mit 37 % in der Industrieprovinz Ontario den höchsten Stand erreicht; in Quebec sind 29 %, in Britisch-Columbia 14 % und in Manitoba 8 % verwertet. In Zahlentafel 1 ist eine Aufstellung über die Wasserkräfte Kanadas gegeben.

Zahlentafel 1. Insgesamt verfügbare und verwertete Wasserkräfte in Kanada.

	Am 1. 1. 1936 insgesamt verfügbar 1000 PS	Turbinenleistung 1000 PS					
		1900	1913	1929	1934	1935	1936
Quebec	13 064	83	552	2595	3493	3703	3853
Ontario	6 940	54	752	1952	2355	2356	2560
Britisch-Columbia	5 103	9	225	560	718	718	718
Manitoba	5 344	1	65	312	391	391	393
Neu-Braunschweig	169	5	15	113	134	134	134
Neu-Schottland	128	20	33	109	112	116	116
Alberta	1 049	—	33	71	72	72	72
Saskatchewan	1 082	—	—	—	42	42	42
Prinz Eduard-Insel	5	2	2	2	2	2	2
Yukon und Nordwestgebiet	731	—	12	13	13	13	19
Insgesamt	33 615	174	1689	5727	7332	7547	7909

Im einzelnen ist 1935 die Turbinenleistung des Kraftwerks der „Beauharnois Light, Heat and Power Company" um 100 000 PS auf insgesamt 400 000 PS erhöht worden, nachdem 1934 eine gleiche Erhöhung erfolgt war; der weitere Ausbau des Werks bis auf eine Turbinenleistung von 700 000 PS ist vorgesehen. Die „Maclaren Quebec Power Company" installierte eine zusätzliche Turbinenleistung von 30 000 PS.

Die Stromerzeugung in Kanada ist fast ausschließlich auf Verwertung von Wasserkräften aufgebaut; nur 1,6 % der Gesamterzeugung entfielen auf die Gewinnung aus Brennstoffen. Von den 57 auf der Nutzbarmachung von Brennstoffen aufgebauten Kraftwerken besitzen nur acht eine Leistungsfähigkeit von über 500 PS. Die Turbinenleistung verteilte sich nach dem Stand vom 1. 1. 1935 mit 6,6 Mill PS auf die Elektrizitätswerke (87 % der Gesamtleistung), mit 0,6 Mill auf die Zellstoff- und Papierfabriken (8 %) und mit 0,3 Mill auf die übrigen Industriezweige (5 %). Auf 1000 Einwohner kam im Landesdurchschnitt eine Leistung von 697 PS, in Quebec 1225 PS.

Die Stromerzeugung lag 1935 um 8 % über dem Vorjahrsstand; gegenüber 1932 wurde eine Erhöhung um 44 %, gegenüber 1930, für welches Jahr die bis dahin höchste Erzeugungsziffer ausgewiesen wurde, eine Steigerung um 28 % erzielt (Zahlentafel 2).

Zahlentafel 2. Monatsdurchschnittliche Stromerzeugung der kanadischen Elektrizitätswerke.

	1000 kWh		
	insgesamt	aus Wasserkraft	aus Brennstoffen
1926	1 007 787	991 041	16 746
1927	1 212 425	1 193 481	18 944
1928	1 361 484	1 340 292	21 192
1929	1 468 825	1 441 203	27 622
1930	1 488 560	1 463 330	25 230
1931	1 365 978	1 339 907	26 071
1932	1 322 205	1 296 360	25 845
1933	1 462 636	1 436 486	26 150
1934	1 763 294	1 733 810	29 484
1935	1 910 477	1 879 684	30 793

Die Zahl der Stromverbraucher betrug 1,7 Mill[1]); an Zählern waren 1 720 997 Stück im Gebrauch. Nach den V. S. Amerika wurden im Haushaltsjahr 1935 1270 Mill kWh Strom ausgeführt gegenüber 1097 bzw. 648 Mill in den beiden vorhergehenden Jahren.

E. Reichelt, Stargard.

[1]) Davon waren 1,4 Mill Kleinverbraucher.

---

621. 311. 1 : 336. 2 **Das Steuerprivileg der öffentlichen Hand in der Elektrizitätswirtschaft.** — Die vorliegende Arbeit hat die ungleiche Behandlung der Elektrizitätsbetriebe der öffentl. und privaten Hand hinsichtlich der Besteuerung zum Gegenstand. Die vorliegende Untersuchung soll einen Beitrag zur wirtschaftswissenschaftlichen Beurteilung des Fragenkomplexes liefern. Zu diesem Zweck werden die theoretischen und praktischen Voraussetzungen hierfür, die kritische Betrachtung der mannigfachen Gründe für und wider das Steuerprivileg sowie die Nutzanwendungen entwickelt. Die Erörterung der Besteuerung der Elektrizitätswirtschaft einer Anzahl anderer Kulturländer darf als ein besonderes Kennzeichen dieser Arbeit gelten, zumal hierüber in den deutschen und ausländischen Schriften noch keinerlei Untersuchungen angestellt wurden. Der Verfasser kommt auf Grund seiner Beurteilung der finanz-, wirtschafts- und sozialpolitischen Erwägungen zu der Anschauung, daß grundsätzliche Gründe nicht für, sondern gegen das Privileg sprechen. Die ab 1. 1. 1935 geltende steuerliche Neuregelung hat das Steuerprivileg der öffentlichen Hand rechnungsmäßig und formell beseitigt. Nach Ansicht des Verfassers kommt die formelle Beseitigung der Steuerfreiheit nicht der tatsächlichen Besteuerung gleich, weil sie nicht von vornherein als ein zur Wirtschaftlichkeit drängender Faktor in die Kalkulation der Betriebe eingeht. Zwei Lösungsmöglichkeiten werden aufgezeigt, durch welche unter Berücksichtigung der im Interesse einer nationalen Volkswirtschaft erforderlichen Besteuerungsgrundsätze die finanzpolitischen Belange der öff. Verbände bis zur Neuordnung des Finanzausgleiches gewahrt werden könnten. [W. Sand, Diss. T. H. Berlin 1934.] *eb.*

621. 3. 003 : 66/69 (485) **Die schwedische Elektroindustrie im Jahre 1935**[1]). — Nach dem Geschäftsbericht der ASEA war die Nachfrage nach ihren Erzeugnissen rege und die Beschäftigung der Fabriken gut. In einigen Abteilungen traten Lieferverzögerungen ein, so daß mit Rücksicht auf den erwarteten bleibenden Bedarf Erweiterungen der Werkstätten in Västerås und Ludvika beschlossen wurden. Die wirtschaftliche Genesung in Schweden brachte einen erhöhten Auftragseingang. Namhafte Bestellungen für die Elektrisierung der Staatsbahnen mit Auslieferung im Jahre 1937 liegen vor. Das Ausfuhrgeschäft entwickelte sich ungleichmäßig. Die Einschränkungen im Handelsverkehr, die politische Unsicherheit und die Gefahr einer Geldentwertung haben die Ausfuhrmöglichkeiten nach einigen Ländern herabgesetzt. Nach anderen Ländern konnte die Ausfuhr erhöht werden, so daß im ganzen die Ausfuhr etwas stieg. Die Zukunftsmöglichkeiten im Ausfuhrgeschäft lassen sich z. Z. nicht überblicken. Die Forschungsarbeiten wurden weitergeführt, verbesserte Herstellungsverfahren angewendet und eine ganze Anzahl neuzeitlicher Werkzeugmaschinen angeschafft.

Die Zahl der Angestellten der eigenen Büros und Fabriken betrug am Jahresschluß 9560 (8559 i. V.), wozu noch 4039 (3159 i. V.) Personen bei Tochtergesellschaften hinzukommen.

Der Bruttogewinn wird bei einem Ertrage von 5,02 Mill RM[2]) (4,43 i. V.) und nach Abschreibungen mit 1,01 Mill RM (0,97 i. V.) zu 4,01 Mill RM (3,48 i. V.) ausgewiesen. Hierzu kommen aus der Grundstücksverwaltung 0,17 Mill RM (0,18

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 881.

[2]) Sämtliche Angaben sind unter Zugrundelegung eines Währungskurses von 100 RM = 160 schwed. Kr. umgerechnet.

Digitized by Google

i. V.) und aus der Finanzverwaltung 1,07 Mill RM (0,91 i. V.) bzw. Abzüge für Zinsen mit 0,27 Mill RM (0,24 i. V.) und für Steuern mit 0,63 Mill RM (0,59 i. V.), so daß der Reingewinn 4,36 Mill RM (3,73 i. V.) beträgt. Hiervon werden wiederum 7 % (7 % i. V.) ausgeschüttet und 1,70 Mill RM (0,71 i. V.) vorgetragen.

Die erzeugenden Tochtergesellschaften in Schweden, Luth & Roséns Elektriska AB, AB Liljeholmens Kabelfabrik, Svenska Turbinfabriks AB Ljungström und AB Svenska Fläktfabriken, waren gut beschäftigt und erzielten Gewinne. Letztere Firma hat ihr Aktienkapital verdoppelt. Die Betriebsgesellschaften, AB Skandinaviska Elektricitetsverk und AB Electro-Invest, führten ihre Geschäfte wie bisher weiter. Von der englischen Erzeugungsgesellschaft, ASEA Electric Ltd., wird von einem Abkommen mit Southern Railway über Lieferungen während 10 Jahren berichet. Auch die norwegische Fabrik, A/S Per Kure zeigte ein gutes Ergebnis.

Die AB Elektrolux berichtet über einen erhöhten Absatz von Kühlschränken, besonders in den Ländern der sogenannten Sterlinggruppe. Auch die Lizenzen der amerikanischen Firma Servel Inc. sind mit höheren Beträgen eingegangen. Zur Befriedigung der Nachfrage wurden die schwedischen und englischen Fabriken erweitert. In England wurde eine Zusammenarbeit zwischen Elektrolux Ltd. London und den englischen Gasgesellschaften unter Führung der Gas Light and Coke Company London eingeleitet. Der Vertrieb von Staubsaugern und Bohnern entwickelte sich weiterhin günstig.

Der Ertrag wurde mit 4,80 Mill RM (4,50 i. V.) ausgewiesen. Hierzu kommen Zinsen und Dividenden von der Finanzverwaltung und den Tochtergesellschaften 1,77 Mill RM (1,24 Mill RM i. V.) und sonstige Einkommen einschließlich Eingängen abgeschriebener Forderungen und 3,58 Mill RM (0,19 Mill RM i. V.) bzw. Abzüge für Geschäftsunkosten mit insgesamt 0,87 Mill RM (0,98 Mill RM i. V.), so daß der Reingewinn 6,16 Mill RM (5,95 Mill RM i. V.) beträgt. Mit dem Vortrag aus dem Vorjahr 3,45 Mill RM abzüglich 4 % Vorschußdividende 1,5 Mill RM werden 8,10 Mill RM zur Verfügung gestellt. Hiervon werden nach dem Vorschlag des Aufsichtsrates 0,875 Mill RM (0,62 Mill RM i. V.) für Steuern zurückgestellt, weitere 6 % Dividende (also insgesamt 10 % gegen 9 % i. V.) ausgeschüttet und 4,97 Mill RM (3,45 Mill RM i. V.) vorgetragen. Im November soll wieder eine angemessene Vorschußdividende gezahlt werden. Die Liquidität hat sich weiter verbessert. Bankguthaben und Kasse erscheinen mit 11,5 Mill RM.

Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson meldet, daß der Inlandsmarkt gut behauptet wurde, wogegen die Einfuhrbeschränkungen und Devisenbestimmungen des Auslandes den Absatz erschweren. Durch die verstärkte Werbetätigkeit konnte eine Zusatzerhöhung erreicht werden. Die Zahlen der Erzeugungsgesellschaften des Konzerns zum Durchschnittskurs sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Umsatz und Aufträge der L. M. Ericsson (in Mill RM).

	Umsatz		Vorliegende Aufträge	
	1935	1934	1935	1934
Telephonfabrik . . .	10,0	9,7	8,1	6,2
Kabelwerk	3,4	3,0	1,5	1,5
Sonstige Werke . . .	38,9	38,6	27,8	23,2
	52,3	51,3	37,4	30,8

Die Teilnehmerzahl der Betriebsgesellschaften erhöhte sich auf 273 000 (256 000).

Die Liquidität hat sich verbessert, indem die Schuldenlast um rund 6,3 Mill RM herabgesetzt wurde. Vom Besitz der Aktien der englischen und französischen Tochtergesellschaften wurden einige Posten verkauft. In Polen fusionierte die Firma Telesyl in Welnowiec mit Ericsson Polska A.S. Elektryczna in Warschau. Die Beteiligung an der Svenska Radioaktiebolaget wurde verstärkt. Die italienische Dachgesellschaft verminderte ihre Dividende auf 7 % (8 %). Der Ertrag aus der italienischen Investierung ist durch die Verhältnisse wesentlich zurückgegangen.

Der Bruttogewinn stieg auf 3,27 (3,18) Mill RM. Lizenzen, Dividenden und Zinsen von Konzerngesellschaften brachten 4,40 (4,75) Mill RM, sonstige Zinsen und Dividenden 1,66 (0,82) Mill RM, wogegen Handlungsunkosten mit 2,83 (2,72) Mill RM und Schuldenzinsen mit 3,04 Mill RM erscheinen. Nach Abschreibungen und Steuerrückstellung mit 3,27 (2,65) Mill RM) bleibt ein Reingewinn von 0,19 (0,09) Mill RM, womit der vorgetragene Verlust 6,10 Mill RM auf 5,90 Mill RM ermäßigt wird. *Hldn.*

Jubiläum. — Am 6. 10. d. J. konnte die Christian Geyer G. m. b. H., Nürnberg, die Sonderfabrik für Zählertafeln, Hausanschlußsicherungen, Verteilungstafeln usw., auf ihr 25jähriges Bestehen zurückblicken. Im Jahre 1911 mit kleinsten Mitteln begonnen, beschäftigt das Unternehmen heute 450 Gefolgschaftsmitglieder.

Handelsregistereintragung. — Überlandwerke Leinetal G. m. b. H., Gronau/Hann. (800 000 RM): Einheitliche Versorgung von Bevölkerung und Wirtschaft in der Stadt Gronau und im Kreise Alfeld mit Gütern des lebenswichtigen Bedarfs, insbesondere mit elektrischer Arbeit. — „Elmeda" Gesellschaft für elektrische und medizinische Apparate m. b. H., Stuttgart, Königstr. 31 b (21 000 RM): Herstellung und Handel mit elektrischen und medizinischen Apparaten jeder Art. — Die Philips Röntgen-Gesellschaft m. b. H., Berlin, ist in Philips-Schall-Gesellschaft m. b. H. umgewandelt worden. Gegenstand des Unternehmens ist fortan: Herstellung und Vertrieb von Apparaten zur Aufzeichnung, Wiedergabe, Verstärkung oder sonstigen Beeinflussung von 1. Tönen für Zwecke des Rundfunks, des Tonfilms, der Nachrichtenübertragung, der Meßtechnik und des Signal- und Kommandowesens, 2. sonstigen, insbesondere mechanischen Schwingungen für Zwecke der Bildübertragung bzw. Herstellung und Oszillographentechnik usw.

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Welt-Elektro-Ausfuhr im 1. Halbjahr 1936. — Die Elektroausfuhr der 13 größten Ausfuhrländer betrug im 1. Halbjahr 1936 442,7 Mill RM gegen 406,8 Mill RM im gleichen Zeitraum von 1935 (Zahlentafel 1). An der Gesamtzunahme von 36 Mill RM oder 8,8 % sind in erster Linie die V. S. Amerika, Deutschland, Großbritannien und Japan beteiligt, die sämtlich ihre Ausfuhr um mehr als 10 % gesteigert und dementsprechend ihren Anteil an der Weltausfuhr verbessert haben. Der deutsche Anteil stieg von 25,9 % auf 26,4 %, trotzdem mußte Deutschland wertmäßig den ersten Platz in der Reihe der Ausfuhrländer an die V. S. Amerika abtreten, die mit 119 Mill RM oder 26,9 %, dicht gefolgt von Deutschland, führen. Besonders auffällig ist außerdem die starke Zunahme der japanischen Ausfuhr (+ 55 %), durch die Japan vor Frankreich, Schweden und Schweiz an die 5. Stelle gerückt ist. Von den übrigen Ländern seien noch genannt Schweiz, Schweden und Belgien-Luxemburg mit geringer Ausfuhrzunahme, ferner Niederlande und Frankreich, deren Ausfuhr um 25 bzw. 20 % hinter dem Vorjahrsergebnis zurückgeblieben ist.

Zahlentafel 1. Welt-Elektro-Ausfuhr. Elektroausfuhr der wichtigsten Länder[1]).

Ausfuhrländer[1])	1. Halbjahr			Anteil an der Welt-Elektro-Ausf. 1. Halbjahr		
	1935 Mill RM	1935 Mill RM	1936[2]) Mill RM	1935 %	1935 %	1936 %
V. S. Amerika	207,3	101,1	119,1	23,7	24,9	26,9
Deutschland	233,2	105,1	117,1	26,6	25,9	26,4
Großbritannien	167,9	77,7	87,0	19,1	19,1	19,7
Niederlande	83,6	38,5	28,8	9,5	9,5	6,5
Japan	[2]) 26,0	11,0	17,0	3,0	2,7	3,9
Frankreich	34,4	17,6	14,3	3,9	4,3	3,2
Schweiz	27,6	13,0	13,7	3,2	3,2	3,1
Schweden	26,5	12,0	12,4	3,0	2,9	2,8
Belgien-Luxemburg . .	21,4	9,2	10,8	2,4	2,3	2,4
Österreich	15,7	6,7	6,6	1,8	1,6	1,5
Kanada	11,4	5,3	6,6	1,3	1,3	1,5
Ungarn	[3]) 14,2	5,8	5,6	1,6	1,4	1,3
Tschechoslowakei . . .	7,9	3,8	3,7	0,9	0,9	0,8
Zusammen[3])	877,1	406,8	442,7	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr Januar—Juni 1936.
[2]) Vorläufige Zahlen.
[3]) In obigen Ländern dürften näherungsweise 90 % der Welt-Elektro-Ausfuhr erfaßt sein.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte in ETZ 57 (1936) H. 28, S. 819 einen Entwurf zu

VDE 0260 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen“

veröffentlicht.

Auf Grund der eingegangenen Einsprüche sind nachstehende Änderungen an dem Entwurf vorgenommen worden. Dieser endgültige Wortlaut wurde durch den Vorsitzenden des VDE im Oktober 1936 genehmigt und tritt am 1. November 1936 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

VDE 0260/1936.

Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen.

[Änderungen gegenüber dem Entwurf in ETZ 57 (1936) H. 28, S. 819.]

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Vorschriften treten am 1. November 1936 in Kraft[1]).

§ 4.

Leiter.

Absatz a) wird ergänzt durch:

„(gilt nicht für Prüfdrähte)“.

In Tafel I wird in Spalte 3 bei dem Querschnitt 300 mm² der Wert 32 in 37 geändert.

§ 6.

Bleimantel.

Tafel IV erhält folgenden neuen Wortlaut:

Tafel IV. Dicke des Bleimantels.

1	2		1	2	
Durchmesser unter dem Bleimantel mm	Dicke*) des Bleimantels (mm) bis 1 kV	über 1 kV	Durchmesser unter dem Bleimantel mm	Dicke*) des Bleimantels (mm) bis 1 kV	über 1 kV
bis 12	1,0	1,1	61	2,2	2,6
16	1,2	1,2	64	2,3	2,7
20	1,3	1,3	68	2,4	2,8
23	1,4	1,4	71	2,5	2,9
26	1,5	1,5	74	2,6	3,0
29	1,5	1,6	78	2,7	3,1
32	1,6	1,7	81	2,8	3,2
35	1,6	1,8	84	2,9	3,3
38	1,6	1,9	87	3,0	3,4
41	1,7	2,0	91	3,1	3,5
45	1,8	2,1	95	3,2	3,6
48	1,9	2,2	98	3,3	3,7
51	2,0	2,3			
55	2,1	2,4			
58	2,2	2,5			

*) Bei Einleiterkabeln für Nennspannungen über U = 10 kV, die zu Mehrleiterkabeln verseilt werden, sind die Dicken der Bleimäntel um 0,2 mm zu erhöhen.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Oktober 1936. Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 819 und 1251.

§ 7.

Umhüllung und Bewehrung.

Tafel V wird wie folgt geändert:

Tafel V. Umhüllung und Bewehrung.

1	2	3	4	5
Aufbau	Werkstoff	Dicke (mm) bei Durchmesser über Blei bis 35 mm	über 35 bis 58 mm	über 58 mm
Umhüllung des Bleimantels bei nicht bewehrten Kabeln	wie bisher			
Umhüllung des Bleimantels bei bewehrten Kabeln	wie bisher	1,5	1,8	2,0
	wie bisher	2,0	2,5	2,8
Bewehrung	wie bisher			
Umhüllung der Bewehrung	wie bisher			
Anmerkungen wie bisher				

§ 10.

In Absatz b) kommt der letzte Satz:

„Bei Verlegung in Kanälen oder in Rohren sind die Werte um weitere 10 % zu vermindern.“

in Fortfall.

Tafel IX, 2. Spalte. Der Wert 555 wird in 570 geändert.

Tafel X, 3. Spalte. Der Wert 880 wird in 680 geändert.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat einen Entwurf zu Änderungen an

VDE 0630/1933 „Vorschriften für Geräteschalter“

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird. Es ist beabsichtigt, diese Änderungen zum 1. Januar 1937 in Kraft setzen zu lassen.

Einsprüche sind bis zum 30. November 1936 der Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Entwurf zu Änderungen

an

VDE 0630/1933

Vorschriften für Geräteschalter.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

§§ 19 und 20 werden durch nachstehenden neuen Wortlaut von § 19 ersetzt (die Bezifferung der §§ 21 bis 24 wird dementsprechend in §§ 20 bis 23 geändert):

§ 19.

Schaltleistung.

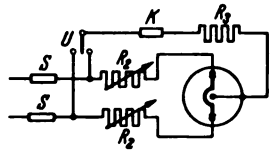
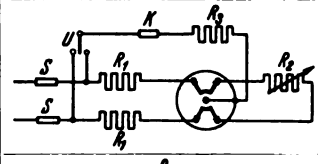
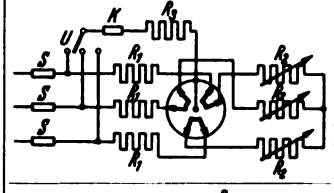
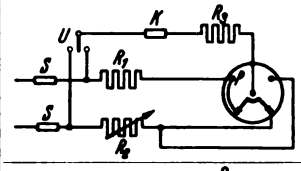
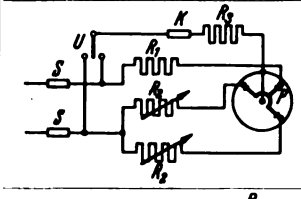
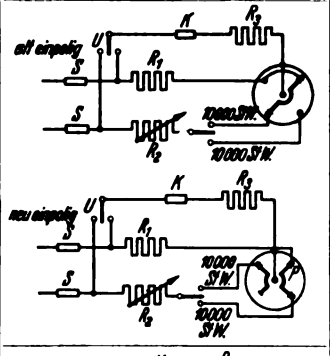
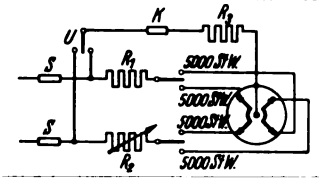
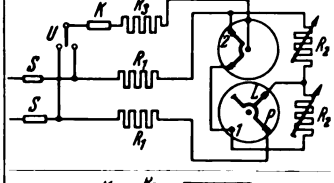
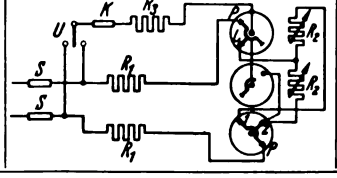
a) Die Prüfung wird an nach § 18 geprüften Schaltern durchgeführt.

b) Die Schalter werden in der Gebrauchslage ordnungsmäßig befestigt, maschinell mit der unter d) angegebenen Zahl von Stellungswechseln geschaltet. Der Schaltvorgang ist der natürlichen Betätigung von Hand möglichst anzugleichen; z. B. sollen Betätigungs- und Kontaktorgan unabhängig voneinander frei ausschwingen können.

c) Die Prüfschaltung wird nach Tafel I ausgeführt:

Digitized by Google

Tafel I.

Schalter nach DIN VDE 9290	Prüfschaltung	Bemerkungen
1		
2		
3		Drehstrom 50 Per/s
4		
5		Stromverteilung bei Prüfung nach d) 4:1
6		
7		
8		Stromverteilung wie bei Schalter 5
9		Stromverteilung wie bei Schalter 5

Schalter mit anderen Schaltungen als nach DIN VDE 9290 sind ihrem Verwendungszweck entsprechend sinngemäß zu prüfen.

In Tafel I bedeuten:

R_1 praktisch induktionsfreie Widerstände. Sie sollen den Kurzschlußstrom begrenzen und
bei 250 V 0,25 Ω,
bei 500 V 0,5 Ω
betragen.

R_2 praktisch induktionsfreie einstellbare Widerstände zur Einstellung des Prüfstromes.

R_3 praktisch induktionsfreie Widerstände. Sie sollen den Kurzschlußstrom begrenzen und den Wert $R_3 = 2\,R_1$ haben.

K Sicherung zur Kennzeichnung eines Kurzschlusses zwischen Spannung führenden Teilen und Schaltwerk.

S Sicherungen für die Prüfanordnung.

U Umschalter. Mit dem Umschalter sind das Schaltwerk, sofern es von Spannung führenden Teilen isoliert ist, sowie Befestigungsschrauben und metallene Aufspannplatte über R_3 und K zu verbinden.

Der Umschalter U ist nach jeweils der Hälfte der Stellungswechsel umzulegen.

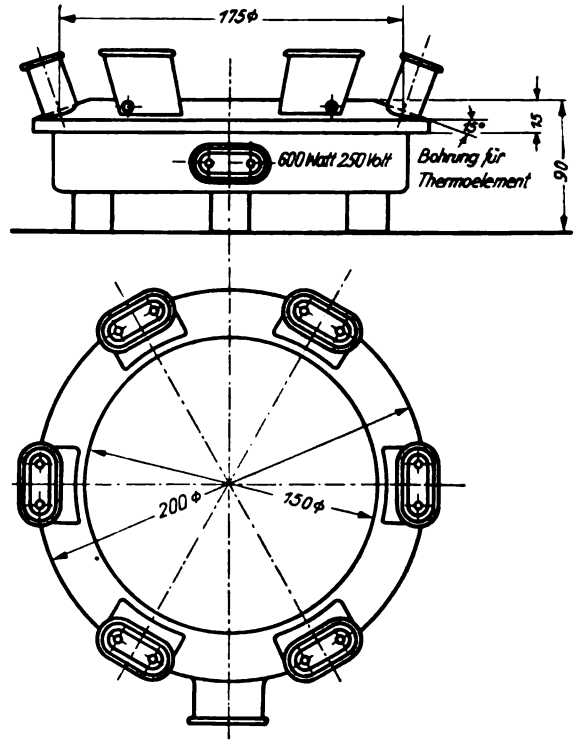


Abb. 1. Prüfgerät für Gerätesteckdosen (Werkstoff der Steckerstifte: Messing).

d) Die Schalter werden unter Strombelastung 20 000-mal mit 30 Stellungswechseln je Minute betätigt.

e) 1- und 2-polige Schalter werden während der ersten 200 Stellungswechsel mit Gleichstrom und dem 1,25-fachen Nennstrom geprüft, und zwar Schalter für 250 V Nennspannung mit 250 V, Schalter für Nennspannungen von mehr als 250 V mit der 1,1-fachen Nennspannung; während der weiteren Stellungswechsel werden die Schalter für alle Spannungen bei praktisch induktionsfreiem Wechselstrom mit Nennstrom und Nennspannung geprüft.

Schalter für Rechts- und Linksdrehung sind in folgender Reihenfolge zu prüfen:

150	Stellungswechsel	nach	rechts	bei Gleichstrom
50	„	„	links	„ „
15 000	„	„	rechts	„ Wechselstrom
4 800	„	„	links	„ „

Schalter für Nennströme über 10 A, die nur für eine Stromart bestimmt sind, werden nur bei dieser Stromart geprüft.

Kipp- und Druckknopfschalter 5 sind in beiden Stromkreisen gleichzeitig zu betätigen.

f) 3-polige Schalter werden bei praktisch induktionsfreiem Drehstrom während der ersten 200 Stellungswech-

Digitized by Google

sel mit dem 1,25-fachen Nennstrom und 1,1-facher Nennspannung, während der weiteren Stellungswechsel mit Nennstrom und Nennspannung geprüft.

Schalter für Rechts- und Linksdrehung sind in folgender Reihenfolge zu prüfen:

mit 1,25-fachem Nennstrom und 1,1-facher Nennspannung:

150 Stellungswechsel nach rechts,
50 „ „ links,

mit Nennstrom und Nennspannung:

15 000 Stellungswechsel nach rechts,
4 800 „ „ links.

g) Warmschalter werden in einem Wärmeschrank bei 120 ° geprüft. Warmschalter bis einschließlich 15 A 250 V werden hierbei nach d) und e) mit der doppelten Anzahl von Stellungswechseln geprüft. *(Schluß siehe S. 1254.)*

Bekanntmachung.

Ausschuß für Isolatoren.

Der Ausschuß hat eine abgeänderte und erweiterte Ausgabe des Normblattes DIN VDE 8009 Vollkernisolatoren Reihe VK vom Dezember 1932 ausgearbeitet, die nachstehend bekanntgegeben wird. Einsprüche und Anregungen sind in zweifacher Ausfertigung bis spätestens zum 30. November 1936 an die VDE-Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Starkstrom-Freileitungen

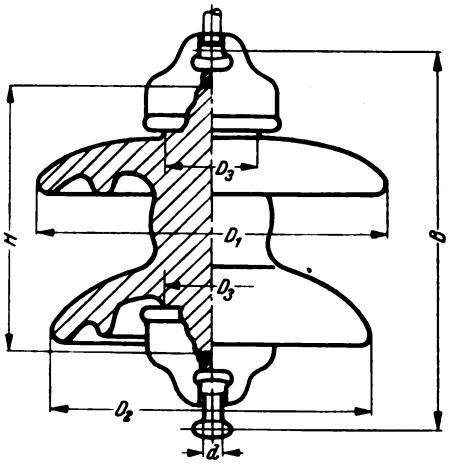
Vollkernisolatoren Reihe VK

DK. 621. 315. 624 Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8009
2. Ausgabe

Maße in mm

Freiliegende Flächen des keramischen Teiles bis auf etwaige Brennflächen glasiert.



Zu einem vollständigen Vollkernisolator gehören:
1 Isolierkörper
2 Kappen
1 Doppelklöppel
2 Sicherungssplinte

Bezeichnung eines Vollkernisolators Reihe VK, Größe 3, ... [1])
Vollkernisolator VK 3 VDE 8009 ..... [1])

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
VDE-Bezeichnung	Keramischer Teil: Höhe H	Keramischer Teil: Tellerdurchmesser D_1	Keramischer Teil: Tellerdurchmesser D_2	Strunkdurchmesser D_3 mind.	Klöppelbolzen und Klöppelpfannen passend für Durchmesser d vom Nennmaß:	Baulänge B eines Isolators	Bruchlast mind.	Stück-Prüflast[2]) während der 1. min[3])	Stück-Prüflast[2]) während der 2. u. 3. min	Stunden-Prüflast[4]) während einer Stunde
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
VK 1	140	170	115	50	11	205	3,0	2,6	2,1	2,1
VK 2 15a	170	200	185	60	11	230	3,5	3.0	2,5	2,5
VK 2 15b	170	200	185	60	16	260	5,0	4,3	3,5	2,8
VK 3	240	250	250	70	16	325	7.0	5,8	4,8	4,0
VK 4	270	280	280	75	16	360	8,0	6,5	5,5	4.7
VK 5	270	280	280	85	20	375	10,0	8,5	7,0	5.7
VK 6	280	280	280	95	24	400	12,5	10,6	8,8	7,3
VK 7	300	300	300	105	24	420	15,0	12,8	10,5	9,0

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße. Zulässige Abweichungen der Abmessungen $\pm$ 5 %.

[1]) Farbe möglichst braun, bei Bestellung angeben.
[2]) Bei der mechanischen Vorprüfung darf keine Formänderung der Kappen auftreten.
[3]) Nach der 1 min-Prüfung ist der Isolator vollständig zu entlasten.
[4]) Die 1 h-Prüfung wird nur an Stichproben vorgenommen und dient zur Kennzeichnung der Zuordnung des Isolators für einen bestimmten Leitungsquerschnitt nach VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F."

Die Vollkern-Isolatoren müssen auf dem keramischen Teil mit dem Ursprungszeichen und der Jahreszahl der Herstellung versehen sein. Die Verbindung der Kappen mit dem keramischen Teil des Isolators sowie Rippenform und Rippenzahl sind nicht genormt.

Prüfverfahren nach VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an".

Werkstoff des Isolierkörpers: keramischer Werkstoff.

Klöppelbolzen und Klöppelpfannen, Anschlußmaße nach DIN VDE 8060.

Digitized by Google

(Schluß von S. 1253.)

h) Die Prüfung der Schalter in und an Gerätesteckdosen erfolgt nach Vorbehandlung der Gerätesteckdose unter Benutzung eines Prüfgerätes nach Abbildung 1. Die Kontaktstifte des Gerätesteckers im Prüfgerät sind hierbei durch elektrische Beheizung auf 220 ° zu erwärmen und 100 h auf dieser Temperatur zu halten. Die Temperatur ist mittels Thermoelement zu messen, das in eine Bohrung am Bund der Stifte des Prüfgerätes eingeführt ist. Der Abstand des Prüfgerätes vom Rande der Unterlage muß mit Rücksicht auf unerwünschte Wärmeableitung mindestens 30 cm sein.

Die Prüfung nach d) und e) wird bei einer Temperatur von 220 ° am Bunde der Gerätesteckerstifte durchgeführt. Die Gerätesteckdose ist gegen die Bewegung der Betätigungsvorrichtung abzufangen.

i) Im Anschluß an die Prüfungen nach b) bis h) sind die Schalter wie folgt zu prüfen:

Ausschalter werden bei Gleichstrom mit Nennstrom und Nennspannung mit 20 Stellungswechseln geschaltet.

Umschalter und Regelschalter werden bei Gleichstrom mit Nennstrom und Nennspannung mit 40 Stellungswechseln geschaltet, wobei der Nennstrom im Verhältnis 1 : 4 auf die Stromableitungen zu verteilen ist. Nach je 10 Stellungswechseln ist die Belastung der Stromkreise zu vertauschen.

Bei Schaltern mit Rechts- und Linksbetätigung sind die angegebenen Stellungswechsel je zu gleichen Teilen auf beide Drehrichtungen zu verteilen.

k) Während der Prüfungen darf kein Lichtbogen stehenbleiben, Kontaktbolzen dürfen sich nicht gelockert haben, Vergußmasse darf nicht ausgelaufen sein.

l) Die Schalter müssen im Anschluß an die Prüfung nach b) bis i) einer Prüfung auf Isolation nach § 18, jedoch ohne Feuchtigkeitsbehandlung und mit einer um 500 V verringerten Prüfspannung, unterzogen werden.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Gauversammlung

am Dienstag, dem 27. Oktober 1936, 20^{00}, im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Direktor W. Rabanus VDE, Berlin, über das Thema:

„Neuzeitliche Ausnutzung von Fernsprech-Freileitungen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

der Fachgruppe „Installationstechnik"

Fachgruppenleiter: Oberingenieur W. Hoeres VDE

am Donnerstag, dem 29. Oktober 1936, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301.

1. Vortrag des Herrn Dr.-Ing. E. h. Dr. H. Passavant VDE, Berlin, über:

„Die Bedeutung isolierender Baustoffe für elektrische Verbrauchsanlagen".

2. Vortrag des Herrn Oberingenieur W. Höpp VDE, Berlin, über:

„Die Einführung isolierstoffgekapselter Schaltgeräte und Anlagen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Kneseбeck VDE.
23. 10. 1936 „Die Bedeutung des Wasserkraftausbaues im Rahmen der deutschen Energiewirtschaft", Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. K. Wagner.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
26. 10. 1936 „Einige wichtige physikalische Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre", 1. Teil, Vortragender: Dipl.-Ing. G. Kroker VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. K. Wagner.
27. 10. 1936 „Leitungsschnüre in der Fernmeldetechnik", Vortragender: Dipl.-Ing. P. Mentz.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
28. 10. 1936 „Das Ignitron", Vortragender: Dr. W. Koch.

Fest der Technik.

Am Sonnabend, dem 7. November 1936, veranstalten die technisch-wissenschaftlichen Vereine Berlins das diesjährige „Fest der Technik" in sämtlichen Gesellschaftsräumen des Zoologischen Gartens zu Berlin.

Der Reinertrag fließt dem Winterhilfswerk und den Hilfskassen der einzelnen Vereine zu.

Beginn: 19^{30} Uhr.

Anzug: Gesellschaftsanzug oder Uniform.

Damenspende — Reichhaltige Tombola.

Der Eintrittspreis beträgt . . . . je Karte 5 RM

Außer den Eintrittskarten werden Platzkarten ausgegeben, und zwar

für Plätze:	Marmorsaal, untere Logen . .	„ „	8 „
für Plätze:	Marmorsaal, Tische	„ „	6 „
für Plätze:	Marmorsaal, obere Logen . . .	„ „	1 „
für Plätze:	Rote Veranda	„ „	2 „
für Plätze:	Bankettsaal	„ „	2 „

Die Plätze im Kaisersaal, Wintergarten sowie in der Gelben und Grünen Veranda stehen sämtlich ohne Platzkarten zur Verfügung. Eintritts- und Platzkarten sind nur im Vorverkauf erhältlich. Eine Abendkasse findet nicht statt.

Für die Mitglieder des VDE, deren Angehörige und für eingeführte Gäste sind die Karten in unserer Geschäftstelle zu haben. An diese sind auch schriftliche Bestellungen (unter Voreinsendung der Eintritts- und Platzgebühr auf das Postscheckkonto des VDE-Gau Berlin-Brandenburg, Berlin Nr. 133 02) zu richten. Rechtzeitige Bestellung wird dringend empfohlen, da erfahrungsgemäß die guten Plätze sehr schnell vergriffen sind.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

Gau Düsseldorf. Der in Heft 42 angekündigte Vortrag „Die Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung in Industrieanlagen" von Dipl.-Ing. Saatmann ist auf den 30. 10. (Fr) verlegt worden.

Gau Nordmark, Kiel. 27. 10. (Di), 20^{15}, Phys. Inst.: „Entwicklung und prakt. Anwendung neuzeitl. Photozellen". Obering. Jüttner.

Gau Ostpreußen, Königsberg (im Rahmen des Gautages der Technik). 31. 10. (Sa), 14^{30}, Handelshochschule: Eröffnung durch Obering. Liebsch VDE. Ansprache des Geschäftsführers des VDE, Dipl.-Ing. Blendermann VDE. Vortrag: „Zweckvolle Beleuchtung von Werkraum und Straße". Dipl.-Ing. Schaer VDE.

Gau Ostsachsen, Dresden (im Rahmen der vom Amt für Technik bei der Gauleitung Sachsen der NSDAP gemeinsam mit den RTA-Verbänden und des NSBDT zu veranstaltenden sächsischen Gauwoche für Technik 1936). 22. 10. (Do), 20^{00}, T. H. Elektrot. Inst.: „Verfahren zur Bestimmung von Geschoßgeschwindigkeiten unter bes. Berücks. elektr. Methoden (m. Lichtb.). Dr.-Ing. habil. H. Teichmann.

Gau Saar, Saarbrücken. 30. 10. (Fr), 20^{00}, Handwerkskammer I: „Die Regelung von Wechselstromnetzen nach der Synchronuhrzeit" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. August VDE.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

R. Nübling †.

Am 11. 10. 1936 verschied nach langem, schwerem Leiden der Generaldirektor der Technischen Werke der Stadt Stuttgart, Dipl.-Ing. Dr. phil. Richard Nübling. Er war am 7. 10. 1880 in Ulm geboren, studierte in Stuttgart und Gießen und trat nach mehrjähriger praktischer Tätigkeit 1906 in den Dienst der Stadt Stuttgart, wo er 1909 die Leitung des Gaswerks übernahm. 1933 unterstellte man ihm auch das Wasser- und Elektrizitätswerk und ernannte ihn im folgenden Jahre zum Generaldirektor der Technischen Werke.

Das Denken und das technische und wirtschaftliche Handeln Nüblings zeichnete sich dadurch aus, daß er frühzeitig die Notwendigkeit erkannt hatte, nicht nur die Energieerzeugung, sondern auch den Energieabsatz zu pflegen, wobei ihm in gleicher Weise der Dienst am Kunden und eine vernünftige Tarifgestaltung als Wege dienten. Das schwierige Problem, gleichzeitig dem wohlverstandenen Interesse der Gemeinde und dem Ziel einer vorwärtsstrebenden Energieversorgung zu dienen, hat in ihm stets seinen Meister gefunden. In der besten Leistung für den von der Wirtschaft und namentlich der Energiewirtschaft bedien-

R. Nübling †.

ten Menschen erkannte er die sicherste Gewähr für eine gedeihliche Entwicklung der Energiewirtschaft. In diesem Zeichen war er auch namentlich während der letzten Jahre seines Lebens mit aller Kraft darum bemüht, eine Zusammenarbeit der Gaswirtschaft und der Elektrizitätswirtschaft zu erreichen. Unbekümmert um die daraus entstehenden Kämpfe und Auseinandersetzungen verfocht er den Gedanken, daß es möglich sein müsse, eine regional geordnete Energiewirtschaft zu führen, in der ohne Ausschaltung eines fruchtbaren Wettbewerbs zwischen Gas und Elektrizität dennoch unwirtschaftliche Kämpfe, Kapitalfehlleitungen und Verwirrung der Abnehmerschaft vollkommen vermieden werden müßten. Es ist eine glänzende Rechtfertigung seiner Gedankengänge, wenn festgestellt werden muß, daß die von ihm geleiteten Technischen Werke Stuttgarts nach jeder Richtung hin in einer geradezu vorzüglichen Verfassung arbeiten.

Im Rahmen der gasfachlichen Organisationen verschafften ihm der Wert seiner Ideen und die Eigenschaften seines Charakters bald und bis zu seiner letzten Erkrankung diejenigen führenden Stellen, die dem Range seiner Leistungen entsprachen. Sowohl die deutsche Energiewirtschaft als Ganzes als auch insbesondere die deutschen Gemeinden werden deshalb in ihm stets einen führenden Kopf und einen tatkräftigen Charakter betrauern. Das Fortleben eines ehrenvollen Andenkens an seine Person und seine Leistung ist gesichert durch die gestaltende Arbeit, die ihm die Energiewirtschaft verdankt.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Die Fernmeldebetriebsordnung für die Verkehrsflugsicherung (FBO) in Frage und Antwort. Von Dipl.-Ing. W. Feilhauer. (Flugfunktechnische Lehrbücher, Bd. 1.) Mit 3 Karten, 14 Anlagen u. 160 S. im Format A 6. Georg Siemens Verlagsbuchhandlung G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 2,50 RM.

Vorliegendes Heft ist als Band 1 der „Flugfunktechnischen Lehrbücher" erschienen; es ist aus der Praxis heraus entstanden, um sowohl dem Außenstehenden als auch dem Fachmann den umfangreichen Stoff der FBO leichter verständlich zu machen. Die wesentliche Aufgabe der Flugsicherung ist die Bereitstellung von Hilfsmitteln der Bodenorganisation, wie Funk- und Peildienst, Wetterdienst, Befeuerungsdienst usw., um den Verkehrsflugbetrieb bei Tag und Nacht und auch unter schlechtesten Wetterbedingungen sicher und regelmäßig durchführen zu können. Für den erfolgreichen Einsatz sind daher Betriebsvorschriften geschaffen worden, in denen das gesamte Gebiet der Verkehrsflugsicherung innerhalb Europas und z. T. auch darüber hinaus einheitlich geregelt ist. Die Einheitlichkeit der Funksysteme und Betriebsverfahren war der Grundgedanke für die Schaffung einer Betriebsordnung für den zwischenstaatlichen Flugfunkdienst, die auf Beschluß der 27. Internationalen Luftfahrtkonferenz im Jahre 1928 auf Anregung Deutschlands eingeführt wurde.

Durch Fragestellung und zugleich Beantwortung wird der Leser in Sinn und Bedeutung der Vorschriften eingeführt. Die in Anlage 14 aufgeführten praktischen Beispiele stellen recht lebendig die verschiedenartigen Formen der Betriebsabwicklung dar. Das Büchlein ist jedem, der sich für die Betriebsabwicklung der Reichsflugsicherung interessiert, insbesondere dem angehenden Funker, sehr zu empfehlen. H. J. Zetzmann.

Hochfrequenztechnik I. Elektromagnetische Schwingungskreise. Von Stud.-Rat J. Kammerloher. (Lehrbücher der Fernwirktechnik. Herausg. v. Dr. K. Gehlhoff. Bd. 1.) Mit 115 Abb., 3 Taf., XI u. 176 S. im Format A 5. C. F. Winter'sche Verlagshandlung G. m. b. H., Leipzig 1936. Preis kart. 5,80 RM.

Der Verfasser will mit seiner Schriftreihe der Hochfrequenztechnik, deren erster Band hier vorliegt, einen mittleren Weg einschlagen zwischen den allgemein verständlichen Büchern, die vorwiegend für Laien und Bastler geschrieben sind, und den streng wissenschaftlichen, die dem Mann der Praxis meist wegen ihres Aufwandes an Mathematik verschlossen bleiben. Die Hauptabschnitte behandeln: I. Kondensatoren, II. Spulen, III. Geschlossene Schwingungskreise, IV. Offene Schwingungskreise, V. Verluste; schließlich bringt ein Anhang Kurvenblätter zur Berechnung von Induktivitäten. Die Darstellung ist klar und flüssig, Satz und Bilder sind vorzüglich, der Leser wird nicht mit fertigen Formeln abgespeist, sondern erlebt die Ableitung, so daß er über die Herkunft und Genauigkeit stets im Bilde ist. Erwünscht wäre bei einer Neuauflage eine noch strengere Durchführung der vom AEF genormten Bezeichnungen sowie eine kurze Besprechung der kapazitiven Schirmung. Das Werk wird sich viele Freunde erwerben. Karl Mühlbrett VDE.

Electrical Engineering Economics. A study of the economic use and supply of electricity. Von D. J. Bolton. Mit 45 Abb., XIII u. 365 S. im Format 150 × 220 mm. Verlag Chapman & Hall Ltd., London 1936. Preis geb. 21 sh.

Das vorliegende Buch ist bereits in 2. Auflage erschienen. Behandelt werden mit der Elektrizitätsversorgung zusammenhängende Fragen wirtschaftlicher Art in drei Abschnitten. Der erste Abschnitt des Buches bringt allgemeine, volkswirtschaftliche Überlegungen als Grundlage für die im zweiten und dritten Abschnitt dargestellten elektrizitätswirtschaftlichen Aufgaben. Die Untersuchungen erstrecken sich auf die Erzeugung und auf den Verbrauch elektrischer Energie und die damit zusammenhängenden Fragen. Der theoretischen Abhandlung folgen in

Digitized by Google

den meisten Fällen praktische Beispiele, die zum Verständnis wesentlich beitragen.

Der zweite Abschnitt des Buches enthält Zusammenhänge zwischen Anlagekosten, Ausnutzung von Anlagen unter Berücksichtigung der Verluste von der Abnehmerseite aus gesehen. Auf die Art der Belastung — gleichmäßig oder schwankend — wird Rücksicht genommen. Die Auswahl der für den jeweiligen Verwendungszweck aus wirtschaftlichen Gründen vorteilhaften Betriebsmittel, Transformatoren, Kabel, Motoren und Beleuchtung wird eingehend behandelt. Die einzelnen Fälle sind zunächst für sich, dann in Beziehung zueinander untersucht und daraus wichtige Erkenntnisse für die wirtschaftliche Ausnutzung von Anlagen gewonnen worden. Die mit der Stromversorgung zusammenhängenden Fragen bringt der Verfasser im dritten Abschnitt seines Buches. Im Mittelpunkt der Erörterungen steht die Tariffrage. Vom einfachen Tarif ausgehend werden dessen Abwandlungen und die Grenzen der Anwendung der einzelnen Tarife untersucht. Der Einfluß des Belastungs-, Leistungs- und Verschiedenheitsfaktors werden besonders behandelt. Bei der Erörterung der Tariffragen wird besonders auf die Verbesserung der Benutzungsdauer durch die „Durchmischung" aller Haushaltstromverbraucher hingewiesen. Hinsichtlich der Steigerung des Verbrauches durch Tarifsenkung kommt der Verfasser zu dem Schluß, daß stark gesenkte Preise nicht den gewünschten Mehrabsatz und damit den erhofften Kostenausgleich bringen. Der Leistungsfaktor, seine Ursache und Auswirkung auf Tarife, ferner die wirtschaftlichen Verbesserungsmaßnahmen werden besonders eingehend untersucht. Andere für die Stromerzeugung beachtenswerte, für die Kosten aber nicht entscheidende Faktoren werden nicht vernachlässigt.

Das englische Energiewirtschaftsgesetz von 1926 wird kurz erwähnt. Das englische Gesetz erstreckt sich im Gegensatz zum deutschen Gesetz nur auf die Stromerzeugung. Es hat die Zersplitterung in der englischen Elektrizitätswirtschaft beendet, die aber trotzdem noch lange Zeit unter den vielfachen Stromarten, Spannungen und Frequenzen zu leiden haben wird.

Zum Schluß bringt der Verfasser noch die Beziehungen zwischen Strompreis und Verbrauch. Ferner wird in einer interessanten Bildübersicht der Anteil von Kraft-, Bahn- und Haushaltsstromverbrauch in den Jahren 1929/32 sowie die Kostenaufteilung bei der Stromerzeugung erläutert. Die Frage Eigenerzeugung oder Bezug vom Elektrizitätswerk wird gestreift.

Das vorliegende Buch bringt zum Teil in sehr breiter Darstellung allgemeine volkswirtschaftliche Fragen und ihre Anwendung auf den Stromverbraucher und Erzeuger. Die Schwierigkeit, allgemeine volkswirtschaftliche Fragen darzustellen, überwindet der Verfasser durch praktische Anwendungsbeispiele, wie allgemein die vielen elektrizitätswirtschaftlichen Fragen, die hier behandelt werden, und durch das Beispiel besonders verständlich gemacht werden. Das Buch erfüllt seinen vom Verfasser gewünschten Zweck, Lehr- und Unterrichtsbuch zu sein für Ingenieure und Studenten. Wenn auch die behandelten Fragen nicht neu sind, so sind doch z. T. neue Wege zur Lösung gezeigt worden. Vor allem wertvoll ist die geschlossene Behandlung aller elektrizitätswirtschaftlichen Fragen in einem Buche; aus diesem Grunde kann das Buch auch für den deutschen Ingenieur, der mit wirtschaftlichen Fragen zu tun hat, ein willkommenes Nachschlage- und Unterrichtsbuch sein. W. Hoppe.

Berufsbilder für Facharbeiterberufe in der Industrie. Herausg. v. Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen (Datsch) E. V., Berlin. Mit 56 S. im Format A 5. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1936. Preis kart. 0,95 RM.

Da sich die Berufsausbildung und -ausübung hinter Fabrikmauern vollzieht, da sie ferner örtlich nach verschiedenen Grundsätzen erfolgt und die Begriffsbestimmungen nicht einheitlich sind, ist das Bedürfnis nach einer Aufzeichnung entstanden. Sie soll folgenden Zwecken dienen:

1. die Berufstätigkeit hinsichtlich der in Frage kommenden Arbeiten und erforderlichen Fertigkeiten — also die Anforderungen, die der vollwertige Berufsträger zu erfüllen hat — einwandfrei zu kennzeichnen,
2. ein für allemal der beruflichen Ausbildung des Nachwuchses ein klares Ziel zu setzen.

Diese verdienstvolle Arbeit ist im Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen geleistet worden und in der vorliegenden ersten Folge für eine Anzahl Facharbeiterberufe in der Industrie zusammengestellt. Die aufgeführten Fertigkeiten sind im „Berufsbild" unterteilt in „notwendige" und „erwünschte". Die ersteren stellen das Maß an praktischem Können heraus, das in einer ordentlichen Facharbeiterprüfung vorausgesetzt werden muß und damit die untere Grenze für die Nachwuchserziehung angibt. Die als „erwünscht" bezeichneten sollen als Anregung gelten für die Betriebe, in denen sich Gelegenheit zu weitergehender Ausbildung in der aufgezeigten Richtung bietet.

Das vorliegende Heft stellt als Gemeinschaftsarbeit der im Deutschen Ausschuß zusammengefaßten Fachleute das Ergebnis umfangreicher fleißiger Untersuchungen einzelner Arbeitsausschüsse dar. Es gibt auch für die anderen Berufe ein Beispiel für die Aufstellung von Berufsbildern, die den hohen Stand deutschen fachlichen Könnens zu kennzeichnen geeignet sind. K. Elbel.

Eingänge.

Bücher.

Technische Berichte. 24 Berichte über den Stand der Technik auf Einzelgebieten entsprechend den Ausstellungsgegenständen der Leipziger Messe. Herausg. vom Leipziger Meßamt; Schriftleitung H. Häneke. Mit zahlr. Abb. im Format A 4. Vertrieb durch VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1936. Preis der Klemm-Mappe mit 24 Berichten 10 RM, Einzelbericht 0,50 RM.

Die kommunale und genossenschaftliche Elektrizitätsversorgung im rechtsrheinischen Bayern. Von Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Dr. E. Konrad. Mit 124 S. im Format 165 × 235 mm. Verlag Fritz & Joseph Voglrieder, München und Leipzig 1936. Preis kart. 4,50 RM.

La dynamo. Théorie et construction des machines électriques à courant continu. Von A. Mauduit u. C. Lamboeuf. (Encyclopédie d'électricité industrielle, herausg. v. M. A. Blondel.) Mit 191 Abb., VI u. 455 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag J. B. Baillière et Fils, Paris 1936.

Grundriß der Funktechnik in gemeinverständlicher Darstellung. Von Dr. F. Fuchs. 20., neubearb. Aufl. Mit 340 Abb. u. 215 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1936. Preis kart. 5,20 RM.

Physik und Technik der ultrakurzen Wellen. Von Dr.-Ing. H. E. Hollmann. Bd. 1: Erzeugung ultrakurzwelliger Schwingungen. Mit 381 Abb., IX u. 326 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1936. Preis geb. 36 RM.

Das neuzeitliche elektrische Nahverkehrsmittel, der Oberleitungs-Omnibus. Von Betriebsdirektor A. Schiffer VDE. Mit 138 Abb. u. 102 S. im Format A 4. Selbstverlag des Verfassers, Essen, Zweigertstr. 34, 1936. Preis kart. 1,70 RM.

Elektrische Energiewirtschaft. Die Betriebswirtschaft der Elektrizitäts-Versorgungsunternehmungen. Von Prof. Dipl.-Ing. R. Schneider unter Mitarbeit von Dr.-Ing. G. Schnaus. Mit XII u. 449 S. in B 5, 175 Abb. u. 75 Zahlent. Verlag von Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 34 RM, geb. 36,60 RM.

Bessere Antennen — besserer Empfang. Unter Berücks. d. Kurzwellen-Sende- und Empfangsantennen. Von R. Wigand u. K. W. Lucas. (Die Telefunken-Buchreihe. Bd. 4.) Mit 109 Abb. u. 83 S. im Format A 5. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1936. Preis kart. 1,40 RM.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955. 56.

Abschluß des Heftes: 16. Oktober 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 29. Oktober 1936 | Heft 44

Philipp Reis.

Zum 75. Jahrestag der ersten öffentlichen Vorführung seines Telephons im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M.

621. 395 (09)

Den 26. Oktober 1861 können wir als den Geburtstag des Fernsprechers feiern, denn an diesem Tage hat der damals 27jährige Lehrer Philipp Reis im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. einen Vortrag gehalten und den von ihm gebauten Geber und Empfänger (Abb. 1) vorgeführt. Leider war es Reis nicht beschieden, ein voll ausgereiftes und für den allgemeinen Gebrauch sofort verwendbares Gerät vorzulegen. Ein bei seiner Jugend verständlicher Drang, sein Werk möglichst bald der Öffentlichkeit zu zeigen, mag ihn zu seinem schnellen Vorgehen veranlaßt haben. Der Empfänger war ein 1837 von Page angegebenes und unter dem Namen „galvanisches Tönen" bekanntes Gerät, das ausreichte, um die erfolgreiche Vorführung des „Telephons" zu ermöglichen (Abb. 1 rechts). Als schwingender Teil dient eine Stricknadel, die in die Spule *l* eingeschoben ist und durch die Stromschwankungen zu Längsschwingungen veranlaßt wird. Erst später hat Reis angefangen, eigene Empfänger zu bauen, von denen Abb. 2 einen 1863 entstandenen zeigt. Durch die erste Vorführung war aber erwiesen, daß das Werk von Reis, trotz mancher Unvollkommenheiten, in der Grundidee richtig war: die Geräte zeigten zum ersten Male deutlich, daß es möglich war, die menschliche Stimme mit Hilfe elektrischer Ströme über einen metallischen Leiter hinwegzuleiten. Der wunde Punkt war die Stelle am Sender, an der die schwingende Membran mit dem Leiter über einen den Stromweg unterbrechenden Platinkontakt verbunden war. Es bleibt bezeichnend für die geringe Entwicklung der später erst zur Blüte gelangenden Elektrotechnik, daß es 15 Jahre gedauert hat, bis die uns heute so naheliegend erscheinende Lösung der Umsetzung der akustischen in elektrische Wellen mit Hilfe einer von diesen gesteuerten, im Felde eines Magneten schwingenden Eisenmembran gefunden wurde.

Philipp Reis.

Den ersten von Reis gebauten Sender zeigt Abb. 3. Reis hatte diesem Sender die Form eines menschlichen Ohrs gegeben, in dem die Membran *M* eingespannt war. Auf der Membran war der Platinstreifen *f* befestigt und diesem gegenüber war ein Platinplättchen *L* an einer Feder *R* angelötet. Aus dieser Form entwickelte Reis dann das in Abb. 1 links gezeigte Gerät.

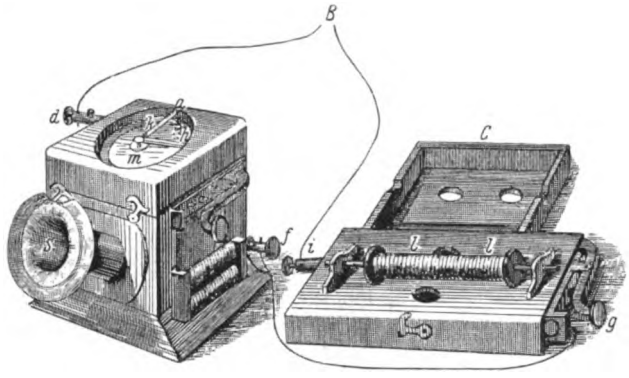
Von Bedeutung ist die Frage, ob Reis schon Vorläufer auf dem Gebiet seiner Arbeiten hatte, die mit ihm in Wettbewerb um den Ruhm des Erfinders treten konnten oder denen er Anregungen zu seiner Lösung verdankte. Von den Franzosen wird ein junger Telegraphenbeamter Charles Bourseul als der Erfinder des Telephons gefeiert, der 1854 einen Vorschlag für den Bau eines Fernsprechers veröffentlicht hatte. August Rotth hat in seinem Buch „Das Telephon und sein Werden"[1]) die schwierige Frage der Urheberschaft der Erfindung an Hand des einschlägigen Schrifttums, vieler Akten und sonstiger Belegstücke in dankenswerter Weise genau geprüft. Er hat festgestellt, daß Reis die Veröffentlichung des Franzosen sicher nicht gekannt hat, obwohl der Sender ganz eine Verwirklichung des Vorschlages von Bourseul war. Dieser selbst hat aber eine Ausführung seines Vorschlags, der keine günstige Aufnahme bei den Fachleuten fand, nicht versucht. Er versprach, „die Versuche auszuführen", ist aber wohl nicht dazu gekommen; veröffentlicht hat er jedenfalls nichts darüber. Die Beschreibung des Empfängers war so lückenhaft, daß sie nicht ausreichte, um danach das Gerät zu bauen.

Der unbestreitbare Erfolg von Reis fand leider selbst bei einigen deutschen Physikern nicht die rechte Würdigung. So wurde die Veröffentlichung in den Annalen der Physik von Poggendorf nicht zugelassen. Auch der Innsbrucker Gelehrte Pfaundler hat in dem Lehrbuche der Physik von Müller-Pouillet sich über die Möglichkeit, die Stimme mit den Geräten von Reis zu übertragen, ungünstig geäußert, und zwar nicht von persönlich ausgeführten Versuchen, sondern nur von eigenen Überlegungen geleitet.

[1]) Berlin: Julius Springer 1927.

Digitized by Google

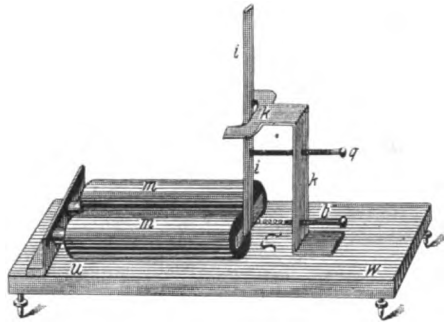
Indessen haben sich zwei Männer von Weltruf wärmstens für Reis' Verdienste eingesetzt: Silvanus Thompson hat 1883 ein Buch unter dem Titel „Philipp Reis, Inventor of the Telephone" herausgegeben, dessen ausführliche Darstellungen sich auf ein sehr genaues Studium aller mit dem Vorgehen von Reis zusammenhängenden Vorgänge und eine Reihe von Beobachtungen mit den meisten der von Reis angegebenen Ausführungsformen stützten. Ein sehr wertvolles Zeugnis des Physikers D. E. Hughes stammt aus dem Jahr 1895 und ist auf Grund



a Tragwinkel, hält *k*
B Batterie
C Empfänger
d Klemme, mit *m* verbunden
f Klemme, mit *k* verbunden
g Morsetaste
h Tragwinkel, vgl. *a*
i Klemme
k federnder Platinstift
l Spule, darin die Stricknadel
m Platinblechstreifen
S Schallöffnung

Abb. 1. „Telephon" von Reis, links der Geber, rechts der Empfänger.

von Versuchen mit den Geräten von Reis vor zahlreichen Fachleuten gegeben. Dem Kaiser von Rußland hatte Hughes das Telephon von Reis schon 1865 vorgeführt[1]). Auch Hughes tritt lebhaft für Reis ein und versichert, daß mit den Geräten das gesprochene Wort, musikalische Töne und Gesang deutlich übermittelt werden konnten.



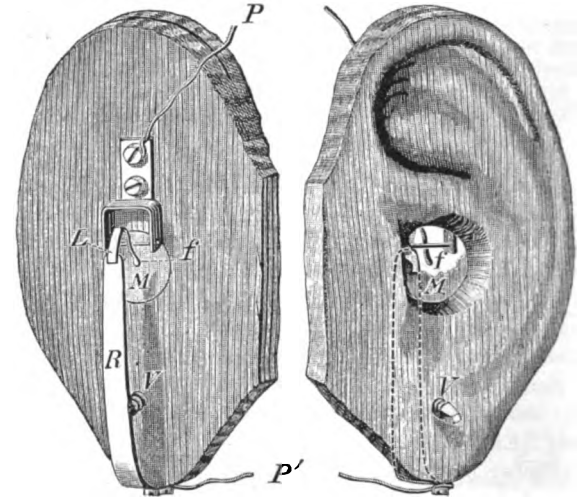
b Stellfeder
i Pendelanker
k Ankergestell
m Magnetspulen
q Stellschraube
u, w Grundplatte

Abb. 2. Verbessertes Empfangsgerät (Reis).

Durch die Zeugnisse dieser beiden Physiker dürften wohl alle Zweifel an dem Erfolg der Bemühungen von Reis, die menschliche Stimme elektrisch zu übertragen, behoben sein. Um aber auch die trotz alledem noch Ungläubigen zu überzeugen, hat Feyerabend 1927 auf der Tagung des VDE in Kiel gelegentlich der Feier des fünfzigjährigen Bestehens des Fernsprechbetriebes in Deutschland genaue Nachbildungen der Geräte von Reis praktisch vorgeführt[2]), und zwar neben dem von Reis bei seinem ersten Vortrage benutzten Stricknadelempfänger (Abb. 1 rechts) auch das 1863 gebaute Empfangsgerät (Abb. 2).

[1]) Vgl. ETZ 16 (1895) S. 244.
[2]) Feyerabend, ETZ 48 (1927) S. 905.

Leider ist es Reis, der an Lungenschwindsucht erkrankte und 13 Jahre nach jenem denkwürdigen Vortrag, am 14. 1. 1874 starb, nicht beschieden gewesen, in dieser Zeit seine Erfindung praktisch brauchbar zu machen. Seine letzten Jahre waren ausgefüllt mit fortwährenden Bemühungen um die rechte Lösung. Er hat zehn verschiedene Geber und vier Empfänger gebaut. Blieb ihm der volle Erfolg auch versagt, so hat er doch durch sein Wirken, das ihn auch mit Physikern verschiedener Staaten in Verkehr brachte, viel dazu beigetragen, die Verwirklichung seiner Idee zu fördern. Leider hat er nicht die Unterstützung einer Firma gefunden. Rotth berichtet, daß Werner Siemens in einem Brief an seinen Bruder Karl sich Vorwürfe macht



f Platindraht
L Platinblech
M Membran
P, P' Anschlüsse
R Feder
V Stellschraube

Abb. 3. Erster Tonsender von Philipp Reis.

über die Versäumnis, Reis rechtzeitig geholfen zu haben. Das war um jene Zeit, als die Firma mit dem Amerikaner Bell um die Konstruktion des besten Fernsprechers in Wettbewerb getreten war. W. Siemens schrieb am 6. 11. 1877: „Werde wohl nächstens ein Telephonpatent beantragen. Wir sind mitten in den Versuchen, und ich glaube, wir werden Bell sehr bald übertreffen. Am besten geht noch immer das alte Berliner Weihnachtsmarkt-Telephon, zwei Waldteufel mit den Strippen zusammengebunden. Das wird seit vielen Jahren in den Weihnachtsbuden verkauft. Wir Esel haben zwar das Wunder des deutlichen Verstehens auf 60 Fuß und mehr Entfernung angestaunt, aber die Sache nicht verfolgt, auch dann nicht, als Reis es elektrisch zu machen versuchte." 1876, also zwei Jahre nach Reis' Tode, hatte Bell bekanntlich das Kontaktproblem des Gebers in der oben angedeuteten Weise gelöst. Geräte von Bell waren es dann auch, die Stephan 1877 zu erfolgreichen Versuchen mit dem Fernsprecher und dann sehr schnell zur Einführung des neuen Verkehrsmittels in die Telegraphenverwaltung veranlaßten. Wie schnell die Entwicklung dann weiter vor sich ging, mögen einige Zahlen verdeutlichen, die die Zunahme der Sprechstellen in Berlin in der Zeit von 1881 bis 1895 zeigen:

1881 . .	458	1910 . .	174 572
1882 . .	1 069	1919 . .	310 660
1885 . .	4 324	1926 . .	428 949
1890 . .	15 020	1934 . .	488 244
1900 . .	52 661	1935 . .	513 767

V

Digitized by Google

Hochempfindliche Zeigerfrequenzmesser.

Von H. Boekels VDE und F. W. Müller VDE, Berlin.

621. 317. 761

Übersicht. Ein unmittelbar zeigender Frequenzmesser hoher Empfindlichkeit wird beschrieben[1]), der es gestattet, im Gegensatz zu den bisher üblichen Periodenkontrolluhren Abweichungen von der Sollfrequenz sofort festzustellen und, wenn nötig, aufzuzeichnen.

Die genaue Aufzeichnung der Netzfrequenz nimmt bei dem fortschreitenden Verbundbetrieb der Kraftwerke mehr und mehr an Bedeutung zu. Nicht nur das frequenzfahrende Werk des Verbandes, sondern besonders diejenigen Werke, die nur gelegentlich zu den Zeiten der höchsten Lastspitzen mit einem großen Netz parallel arbeiten, sind zu einer sehr genauen Messung ihrer Frequenz gezwungen, damit sie jederzeit in der Lage sind, ihre Netze in kürzester Zeit mit andern Netzen parallel zu schalten.

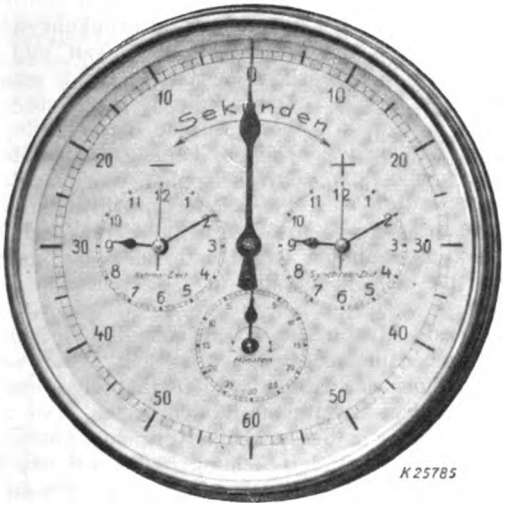
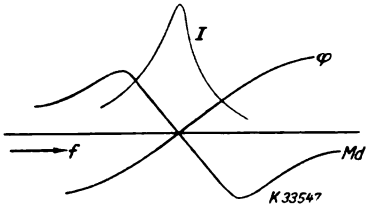


Abb. 1. Periodenkontrolluhr.

Würde, wie man vielfach annimmt, die Aufgabe des genauen „Frequenzfahrens" sich darin erschöpfen, durch passendes Einregeln der Frequenz den genauen Lauf aller im Versorgungsgebiet angeschlossenen Synchronuhren sicherzustellen, so wäre hierzu ein genauer Frequenzmesser weder geeignet, noch überhaupt erforderlich, vielmehr würde hierzu die Periodenkontrolluhr[2]) vollkommen ausreichen. Die Periodenkontrolluhr (Abb. 1) gibt an, um wieviel Sekunden die „Netzzeit" von der Ortszeit abweicht. Sie besteht im wesentlichen aus einer genauen Pendeluhr und aus einer Synchronuhr, die beide über ein Planetengetriebe miteinander verbunden sind. Der mit dem Planetengetriebe gekuppelte Zeiger gibt an, um wieviel sich das Getriebe verstellt hat, um wieviel also die Netzzeit gegenüber der Normalzeit voreilt oder nacheilt. Ein Frequenzmeßgerät ist aber eine solche Periodenkontrolluhr nicht; denn gesetzt den Fall, die Netzfrequenz bliebe längere Zeit um 0,2 % (49,9 statt 50 Hz) hinter der Sollfrequenz zurück, so würde die Periodenkontrolluhr erst nach 500 s eine Abweichung von 1 s zeigen. Aus diesem Beispiel ist auch ersichtlich, daß ein Werk, welches genaue Uhrzeit fährt, nicht unbedingt genaue Frequenz fahren muß.

Will man wirklich genau die Frequenz messen und — dies ist heute Erfordernis eines jeden Kraftwerksbetriebes — auch aufzeichnen, so ist nur der Frequenzmesser das geeignete Meßinstrument, weil er allein den genauen Wert der Frequenz sofort angibt. Bei der Betrachtung der erforderlichen Genauigkeit eines solchen schreibenden Frequenzmessers muß man allerdings berücksichtigen, daß heute viele frequenzfahrende Werke auch Uhrzeit fahren. Besäße der Frequenzmesser, nach dem die Frequenz des Netzes geregelt wird, nur einen Fehler von 0,02 %, so würde, das zeigte unser Beispiel, alle 5000 s eine an das Netz angeschlossene Synchronuhr um eine weitere Sekunde gegenüber der Normalzeit voreilen oder zurückbleiben.

Seit einigen Jahren sind anzeigende und schreibende Frequenzmesser in Benutzung, die schon ein beachtlich hohes Maß von Anzeigegenauigkeit haben[3]). Die empfindlichsten bisher bekannten Frequenzmesser besaßen einen Meßbereich von 49,5 bis 50,5 Hz und eine absolute Genauigkeit von $\pm 1/60$ Hz. Ein schreibender Frequenzmesser, der als Ferraris-Quotientenmeßwerk ausgebildet ist, wurde hier bereits ausführlich beschrieben[3]).



I Resonanzstrom φ Phasenwinkel
M_d Drehmoment auf das bewegl. System

Abb. 2. Kennlinien des Resonanzkreises.

Andere Frequenzmesser arbeiten nach dem Phasensprungprinzip[4]). Bei der Phasensprungschaltung wird die Erscheinung ausgenutzt, daß eine Reihenschaltung von ohmschem Widerstand R, Kapazität C und Induktivität L bei Unterresonanz einen voreilenden Strom, bei Resonanz $\left(f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}}\right)$ reinen Wirkstrom und bei Überresonanz nacheilenden Strom aufnimmt (Abb. 2). Die Schaltung des Phasensprung-Frequenzmessers entspricht dabei im wesentlichen der eines Wattmeters (Abb. 3). Die feste Spule A liegt über eine Kunstschaltung B, G unmittelbar an der Netzspannung. Die Kunstschaltung bewirkt dabei, daß der Strom in A gegenüber der Spannung um 90 ° phasenverschoben ist. Das bewegte Rähmchen besteht aus zwei galvanisch getrennten Spulen D und E. Die Spule D liegt über einen Spannungsresonanzkreis, der auf die Mittelfrequenz des Meßbereiches abgestimmt ist, an der Netzfrequenz. Im Resonanzfall wird also zwischen Rähmchen und fester Spule kein Drehmoment entstehen, da der Resonanzstrom in Phase mit der Spannung, der Strom in der Spule A jedoch um über 90 ° gegenüber der Spannung phasenverschoben ist. Bei Über- oder Unterresonnanz jedoch wird sich zwischen fester Spule und Rähmchen ein Drehmoment ausbilden, weil jetzt die Ströme in den beiden Spulen einen Winkel miteinander einschließen, der von 90 ° verschieden ist. Je nachdem Über- oder Unterresonanz vorliegt, sind jedoch die Drehmomente verschieden gerichtet. Außerdem wird das erzeugte Drehmoment um so größer werden, je weiter die Frequenz von der Resonanzfrequenz verschieden ist; denn, das zeigt ja Abb. 2, je weiter man aus der Resonanz herauskommt, um

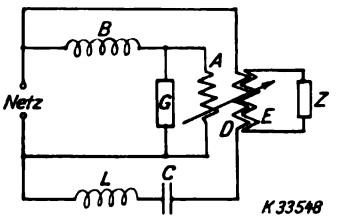


Abb. 3. Schaltung des Phasensprung-Frequenzmessers.

[1]) Mitteilung aus dem Meßinstrumente-Laboratorium der AEG-Apparatefabriken Treptow.
[2]) AEG-Mitt. (1932) S. 175.
[3]) Boekels, ETZ 56 (1935) S. 205, Abb. 2.
[4]) DRP. 293 271; s. a. ETZ 37 (1916) S. 271.

Digitized by Google

so mehr wird der Strom im Resonanzkreis gegen die Spannung verschoben.

Würde man das Meßinstrument mit einer Spiralfeder ausrüsten, so würde nur bei einer bestimmten Spannung eine richtige Anzeige erfolgen, da ja selbstverständlich die erzeugten Drehmomente spannungsabhängig sind. Aus diesem Grunde verwendet man beim Phasensprung-Frequenzmesser eine elektrische Feder[5]). Die elektrische Feder wird gebildet durch die zweite Wicklung E des Rähmchens. Diese Wicklung ist über einen äußeren Widerstand Z kurzgeschlossen. Hat das Rähmchen eine Lage, bei der die Wicklungsfläche durch Kraftlinien, welche vom Felde A herrühren, durchsetzt wird, so werden in E Spannungen induziert, die sich über Z ausgleichen, es fließt also in der Federspule E ein Strom, der seinerseits mit dem Felde der Spule A ein Drehmoment bildet. Dieses Drehmoment ist so gerichtet, daß es den Strom in E zum Verschwinden bringen möchte. Das Rähmchen sucht sich also mit einer Kraft, die von der Größe der Netzspannung abhängt (Feld der Spule A), in eine Lage zu drehen, bei der die Fläche des Rähmchens von keiner Kraftlinie des Feldes A durchsetzt wird. Dieses Richtdrehmoment ist natürlich dem durchtretenden Fluß, also dem Ausschlagwinkel, proportional.

Damit ist die Wirkungsweise des Phasensprung-Frequenzmessers gegeben. Bei Resonanz wirkt nur das Moment der elektrischen Feder und stellt das Rähmchen senkrecht in das Feld der festen Spule. Weicht die Frequenz von der Resonanzfrequenz ab, so dreht sich das Rähmchen so weit aus dieser Nullage, daß das Drehmoment zwischen A und D und das Gegendrehmoment zwischen A und E sich gerade die Waage halten. Und deshalb, weil das Drehmoment und Gegendrehmoment in der gleichen Weise (quadratisch) von der Spannung abhängen, ist die Anzeige des Frequenzmessers spannungsunabhängig.

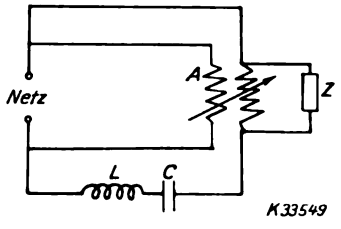


Abb. 4. Schaltung des hochempfindlichen Frequenzmessers.

Als uns die Aufgabe gestellt wurde, schreibende Frequenzmesser herzustellen, deren Meßbereich noch bedeutend enger ist als der von 49,5 bis 50,5 Hz, hatten wir die Wahl, entweder die Ferraris-Quotientenmesser in ihrer bisherigen Form weiter zu verwenden, indem wir die Steilheit der Resonanzkreise entsprechend erhöhten, oder aber die hochempfindlichen Frequenzmesser nach dem Phasensprungprinzip zu bauen. Wir haben anfänglich beide Wege versucht und erhielten in jedem Fall recht brauchbare Ergebnisse. Wenn wir schließlich uns für die Phasensprungschaltung entschieden, dann geschah das einmal deshalb, weil bei den empfindlichen Meßbereichen die Einstellung und Eichung der Phasensprung-Frequenzmesser einfacher war als die der Ferraris-Frequenzmesser, dann aber auch aus dem Grunde, weil das bewegliche System bei der Phasensprungschaltung bedeutend leichter ist als die Ferrarisscheibe und dadurch die Einstellzeit der Frequenzmesser günstiger wird. Als „Frequenz" muß mit Rücksicht auf wechselnde Phasenverschiebungen die mittlere sekundliche Drehzahl eines das Netz speisenden einpoligen Generators bezeichnet werden.

Im wesentlichen behielten wir die Phasensprungschaltung in ihrer klassischen Form bei, jedoch verwendeten wir an Stelle eines Rähmchens mit zwei voneinander getrennten Wicklungen ein solches mit nur einer Wicklung (vgl. Abb. 4), welche gleichzeitig Drehmoment und Gegendrehmoment erzeugt[6]). Es zeigte sich nämlich, daß bei Einhaltung bestimmter Bemessungen diese Vereinigung möglich ist. Einmal muß von dem festen System in dem Rähmchen eine so hohe Spannung induziert werden, daß über den äußeren Kurzschluß ein Strom fließt, welcher groß genug ist, die Federwirkung zu erzeugen. Weiterhin darf der durch den Meßstrom an der Spule hervorgerufene Spannungsabfall nur so klein sein, daß über den äußeren Kurzschluß nur ein vernachlässigbar kleiner Teil des Meßstromes fließt.

In der festen Spule ist der Strom nur um etwa 70 ° gegenüber der Spannung in der Phase verschoben. Um dies auszugleichen, haben wir den Resonanzkreis etwas verstimmt. Es besteht dann allerdings die Gefahr, daß die Skala nicht mehr ganz linear ist. Dieser Fehler ist jedoch, wie unsere Versuche zeigten, nicht merklich, zumal infolge der Parallelschaltung zum Rähmchen der Strom im Rähmchen nicht mehr genau in Phase mit dem Resonanzstrom liegt und hierdurch die Verzerrung der Skala wieder aufgehoben wird. Es muß auch, um eine unbedingt konstante Anzeige des Instrumentes zu gewährleisten, dafür gesorgt werden, daß sich die Drosselspule des Resonanzkreises und auch der Kondensator unter dem Einfluß von Temperaturschwankungen infolge von Nachalterungen und durch Transportstöße nicht verändern. Das bedingt sauberste Arbeit beim Aufbau dieser Teile, insbesondere beim Zusammenbau der Drosselspule. Wir machten uns hierbei die Erfahrungen an den bisher gebauten Frequenzmessern mit Ferrarisscheibe zunutze und übernahmen das Muster der dort benutzten Drossel, die sich ja bereits in längerem Dauerbetrieb bewährte.

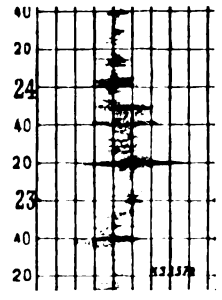


Abb. 5. Niederschrift des hochempfindlichen Frequenzmessers.

Das erste Muster des so aufgebauten hochempfindlichen Frequenzmessers zeigt äußerlich keine Veränderung gegenüber der früher veröffentlichten Form[7]), abgesehen von dem erweiterten Skalenbereich. Der Schwingungskreis mußte in diesem Fall naturgemäß getrennt ausgeführt werden. Vor der Eichung ließen wir das Instrument mehrere Wochen im Dauerbetrieb die Frequenz des Berliner Netzes aufschreiben und überzeugten uns davon, daß alle Teile der Schaltung sicher arbeiteten. Die Eichung

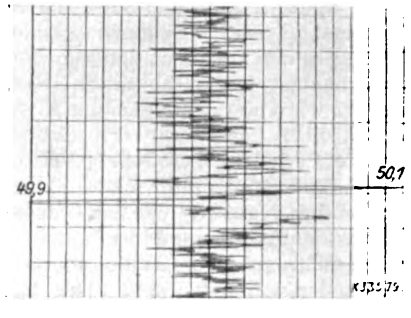


Abb. 6. Niederschrift des hochempfindlichen Frequenzmessers an einem Tage mit 1 min Verkehrsruhe vor einer Führerrede.

ergab, daß der Meßbereich des Frequenzmessers gut mit dem vorher berechneten Wert übereinstimmte. Bei einer nutzbaren Schreibbreite von 120 mm hat das Instrument einen Meßbereich von 49,9 bis 50,1 Hz, das heißt also, 1 mm Schreibbreite entsprechen rund $^1/_{500}$ Hz. Der Frequenzmesser hat eine absolute Genauigkeit von schätzungsweise $\pm\,^1/_{250}$ Hz (bei normalen Temperaturen + 15 ° bis + 30 ° C und innerhalb eines Spannungsbereiches von 100 bis 120 V. Genauere Angaben hierüber lassen sich nur schwer machen, weil eine genaue Prüfung ohne völlig

[5]) Kafka, Elektrotechn. u. Maschinenb. 42 (1924) S. 1.
[6]) Diesen Vorschlag verdanken wir Herrn Dipl.-Ing. W. Brückel.
[7]) Wie Fußnote 3.

Digitized by Google

ruhig laufende Generatoren unmöglich ist, da ja ein Vergleich mit einem andern „Normal"-Frequenzmesser nicht möglich ist.

Aus der Reihe der von uns vorgenommenen Aufzeichnungen zeigen die Abb. 5 und 6 zwei kennzeichnende Beispiele. Besonders interessant ist die Aufzeichnung (Abb. 6) von der allgemeinen Verkehrsruhe am 27. 3. zu Beginn der Führerrede um 16^{00}.

Die Last wird abgeschaltet und die Frequenz steigt an. Dann tritt die Regelvorrichtung in Tätigkeit, die das normale Frequenzband wieder einregelt. Bei Wiederherstellung des alten Belastungszustandes fällt die Frequenz zunächst stark ab, um dann langsam, nach mehreren Pendelungen ihre normale Größe wieder einzunehmen. Die Beispiele zeigen, daß es mit Hilfe eines so empfindlichen Frequenzmessers möglich ist, in manche Feinheiten des Betriebes, die bisher nicht zu übersehen waren, mit meßtechnischer Genauigkeit einzudringen.

Zusammenfassung.

Ein Frequenzmesser mit einem Meßbereich von 49,9 bis 50,1 Hz wurde beschrieben, der aus einem wattmetrischen System besteht und nach dem Phasensprungprinzip arbeitet. Durch geeignete Bemessung wurde erreicht, mit einer Drehspule auszukommen, die gleichzeitig als Meß- und Federspule wirkt.

Betriebserfahrungen mit einem Einphasen-$16^2/_3$ Hz-Elektrodendampfkessel für 1000 kW, 0,2 atü.

Von **Hans Weinrath**, Innsbruck.

621. 364. 13. 036. 6 : 628. 81

Übersicht. Der Aufsatz berichtet über Versuche, die vom Verfasser im Auftrage der Österreichischen Bundesbahnen vorgenommen wurden und zu einer neuen, für Niederdruck-Elektrodendampfkessel geeigneten Elektrodenform führten.

Das Direktionsgebäude der Österreichischen Bundesbahnen in Innsbruck ist mit einer, bis vor kurzem aus zwei Flammrohrkesseln gespeisten Dampfheizanlage ausgerüstet. Das Gebäude umfaßt rd. 180 Kanzlei- und

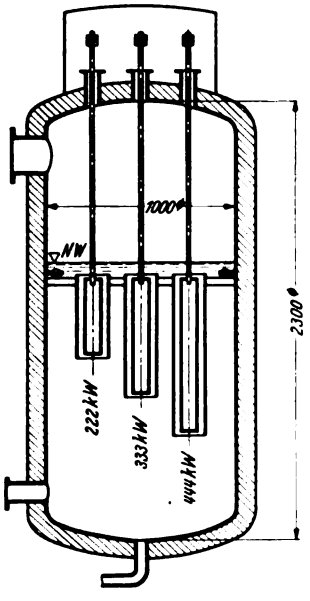


Abb. 1. Ursprüngliche Ausführung des Kessels.

Abb. 2. Korrosion der ursprünglichen Elektroden nach etwa einwöchigem Betrieb.

Wohnräume mit etwa 17 000 m³ Rauminhalt. Außerdem sind noch Stiegenhäuser, Gänge und Kellerräume mit etwa 8000 m³ Rauminhalt zu heizen.

Zwecks Brennstoffersparnis wurde im Vorjahre ein Elektrodenkessel aufgestellt, der über zwei Transformatoren 15/1 kV an die nächst dem Gebäude verlaufende Fahrleitung der elektrisch betriebenen Hauptbahnstrecke Salzburg—Buchs angeschlossen ist. Abb. 1 zeigt die grundsätzliche Ausführung dieses Kessels, der für eine Leistung von 1000 kW entworfen war. Seine Elektroden wiesen jedoch eine so kurze Lebensdauer auf, daß keine geordnete Betriebsführung möglich war. Sie ergaben überdies nach einiger Betriebszeit Einschaltüberströme von 200 bis 300 % des Nennwertes, die besondere Vorkehrungen für den Überstromschutz der Transformatoren erfordert hätten. Die Österreichischen Bundesbahnen beschlossen nun, selbst Versuche zur Verbesserung vorzunehmen. Das erste Ziel dieser Versuche war die Aufdeckung der Ursachen der bisherigen Mißerfolge. Da ein Vorversuch in kleinem Maßstabe vermuten ließ, daß die niedere Frequenz (der anfänglich die Fehlschläge zur Last gelegt wurden) kein Hindernis für einen anstandslosen Betrieb des Kessels bilden dürfe, wurde die Elektrodenform und ihr Einfluß auf den Betrieb des Kessels eingehender untersucht.

Die Elektroden waren für normale Stromdichten und einen spezifischen Wasserwiderstand von 1200 bis 1500 Ω/cm³ bemessen. Sie hatten kleine Grundflächen und verhältnismäßig große Höhen, wiesen daher recht ungünstige Dampfaustrittsverhältnisse auf. Da wegen der großen Leistung und des kleinen Betriebsdruckes von nur 0,2 atü beträchtliche Dampfmengen abzuführen waren, wurde ein großer Teil des Betriebswassers aus dem Arbeitsraume verdrängt. Daher ergaben sich bei Nennstrom viel höhere Stromdichten, als beim Entwurf des Kessels angenommen wurde. Im Laufe des Betriebes wurden nun vom Speisewasser Verunreinigungen in den Elektrokessel getragen, die darin verblieben und den spezifischen Wasserwiderstand verringerten. Die Folge war eine lebhaftere Dampfentwicklung verbunden mit gesteigerter Wasserverdrängung und Stromdichte. Diese ungewöhnlich hohen Stromdichten führten naturgemäß zu Korrosionen der Elektroden. Das Wasser wurde dadurch immer mehr verschmutzt, so daß der Wasserwiderstand weiter sank; damit stiegen wiederum die Stromdichte und die Korrosion. Dieser Kreislauf von Ursache und Wirkung macht das außerordentlich rasche Zusammenbrechen der Elektroden verständlich.

Die Abb. 2 gibt zeichnerisch die an den Elektroden festgestellten Anfressungen wieder.

Da die Vergrößerung der Stromdichte durch die Zunahme der Wasserverdrängung nahezu ausgeglichen wurde, blieb der Elektrodenstrom fast unverändert. Am Elektrodenstrommesser war somit (abgesehen von den schon erwähnten Einschaltüberströmen) nichts Verdächtiges wahrnehmbar.

Nachdem nun die Ursachen der anfänglichen Mißerfolge einwandfrei festgestellt waren, konnte eine neue Elektrodenform entworfen werden. Dabei waren folgende Forderungen zu erfüllen:

1. möglichst widerstandslose Dampfabfuhr,
2. möglichst gleichmäßig verteilte Stromdichte und
3. möglichst einfacher Aufbau.

Digitized by Google

Den Punkten 1 und 2 kann nur dann gleichzeitig entsprochen werden, wenn der Arbeitsraum der Elektroden breit und niedrig ausgeführt wird. Da Punkt 2 überdies scharfe Krümmungen verbietet, ergab sich fast zwangläufig die in Abb. 3 dargestellte neue Form, die auch die Forderung des Punktes 3 weitgehend erfüllt.

Das Verhalten dieser Elektroden war überraschend gut. Sie arbeiteten vollkommen ruhig und gleichmäßig, verursachten keinerlei Einschaltüberströme und zeigten nach dreimonatigem Dauerbetrieb praktisch keinerlei Abnutzung.

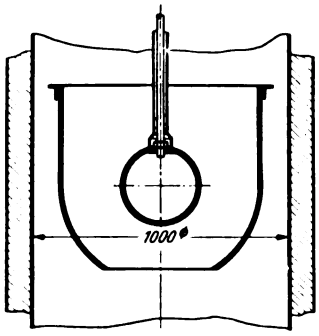


Abb. 3. Versuchselektroden.

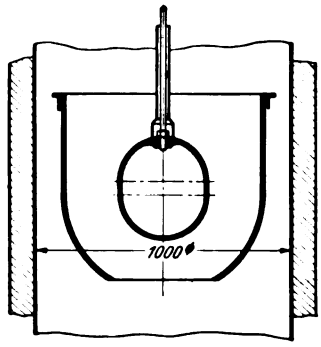


Abb. 4. Endgültige Elektrodenform für eine Leistung von 600 bis 800 kW.

Infolge der Verbreiterung und Verkürzung des Arbeitsraumes war eine Herabsetzung des spezifischen Wasserwiderstandes erforderlich. Der erforderliche Wert von 400 bis 500 Ω/cm³ wurde bei Betriebsbeginn durch Sodazusatz eingestellt und wird seither durch gelegentliches Ablassen von Betriebswasser konstant erhalten. Die hierdurch bedingten Wasserverluste betragen nur 15 bis 20 l je Woche, können also ohne weiteres in Kauf genommen werden. Da sich bei der neuen Elektrodenform innerhalb der Betriebsgrenzen Stromdichte und Leitfähigkeit des Wassers verhältnisgleich ändern, kann die Wasserabfuhr nach den Ablesungen des Elektrodenstrommessers vorgenommen werden.

Auf Grund dieser Erfahrungen wurden Elektroden für eine Leistung von 600 bis 800 kW entworfen, die nach den bisherigen Heizergebnissen für den Betrieb der gesamten Anlage vollkommen ausreichen. Sie stehen seit Anfang dieses Jahres anstandslos im Betrieb. Die Form dieser Elektroden ist in Abb. 4 dargestellt.

Schon nach Fertigstellung der ersten „Kugelelektroden" wurden Untersuchungen über die Gasentwicklung angestellt. Der Versuch einer unmittelbaren Messung verlief ergebnislos, da hierbei überhaupt keine Gasentwicklung nachweisbar war. Daher wurde ein Kesselmodell im Maßstabe 1 : 20 angefertigt, das zum Betriebe mit gleichem Wasser und gleicher Stromdichte nur eine Spannung von rd. 40 V erforderte. Die von diesem Modell aufgenommene Leistung war daher so gering, daß praktisch überhaupt keine Dampfentwicklung auftrat. Das sich bildende Gasgemisch wurde im chemischen Institut der Universität Innsbruck untersucht. Es enthielt 60 bis 80 % neutrale Anteile (Stickstoff usw.), 20 bis 30 % Wasserstoff und nur ganz geringe Mengen von Sauerstoff. Die einzelnen Versuche wiesen zwar eine beträchtliche Streuung auf, in keinem Falle war das Gasgemisch jedoch explosibel; auch nicht nach Mischung mit Luft. Die ebenfalls schwankende Menge des gebildeten Gasgemisches betrug im Mittel etwa 0,5 cm³/Ah. Auf eine Klärung dieser Streuungen mußte mangels Zeit und mangels geeigneter Vorrichtungen leider verzichtet werden, zumal der Hauptzweck, der Nachweis der Gefahrlosigkeit des Betriebes gelungen war.

Das Ausbleiben der befürchteten Knallgasbildung ist wohl darauf zurückzuführen, daß der entstehende Sauerstoff zum größten Teil vom Elektrodenwerkstoff gebunden wird. Erfreulicherweise ist die dadurch bedingte Elektrodenabnutzung so gering, daß sie in keiner Weise stört.

Zusammenfassung.

Die beschriebenen Versuche zur Schaffung einer günstigen Elektrodenform und die Betriebsergebnisse haben gezeigt, daß sowohl Korrosionen als auch Gasbildung beim Betrieb von Elektrodenkesseln mit 16⅔ Hz in durchaus erträglichen Grenzen bleiben, so daß dem Bau solcher Kessel keinerlei Bedenken entgegenstehen. Weiter haben die Versuche gezeigt, daß beim Bau von Elektrodenkesseln großer Leistung und kleinen Dampfdruckes der Dampfabfuhr größtes Augenmerk zuzuwenden ist.

Schutzwert von Drosselspulen vor Transformatoren.

(Betriebserfahrungen in mitteldeutschen 15 kV- und 20 kV-Versorgungsnetzen.)

Von **Ludwig Gerhard**, Kassel.

621. 316. 935. 2. 004. 13

Übersicht. In verschiedenen 15 kV- und 20 kV-Versorgungsnetzen Mitteldeutschlands ist die Frage untersucht worden, welcher Schutzwert den in 900 von 1410 versorgten Transformatorenstationen eingebauten Drosselspulen heute noch beizumessen ist. Die Tatsache, daß frühere Feststellungen auf Grund umfangreicher Messungen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen[1]) über die Unzweckmäßigkeit der eingebauten Drosselspulen unbeachtet geblieben sind, veranlaßt und rechtfertigt eine Untersuchung über die Betriebserfahrungen an Hand der aus der Praxis gemeldeten Störungsberichte.

Der in den letzten Jahren erheblich gestiegene Stromwärmeverbrauch hat den Stromversorgungs-Unternehmungen ganz besondere Verantwortung für die Betriebssicherheit ihrer Anlagen auferlegt. Zur weitestgehenden Erzielung ungestörter Stromlieferung ist daher jedes wirksame und wirtschaftlich tragbare Mittel recht, das der Vorbeugung, Verhütung und Beseitigung von Stromunterbrechungen dient. Von den verschiedenen Ursachen der hauptsächlichsten Stations- und Leitungsstörungen haben Gewitter- und sonstige Überspannungen den größten Anteil. Zu ihrer Verminderung sind als Schutz von Geräten, Transformatoren und Maschinen gegen Überspannungen und Wanderwellen Widerstände, Selbstinduktionen, Kapazitäten und Funkenstrecken in den verschiedensten Formen eingebaut worden. Ein Beispiel dieser Schutzmittel ist die Schutzdrosselspule, die nachstehend einer zeitgemäßen Beurteilung unterzogen wird.

Als Überspannungsschutz für Transformatoren sind seit Errichtung der rd. 1410 untersuchten Umspannstellen Schutzdrosselspulen eingebaut worden. Dieser Schutz hatte ursprünglich allgemein die Aufgabe, Transformatoren durch Abflachung und Reflexion der von außen in die Stationen einlaufenden Wanderwellen vor Isolationsschäden, Über- und Durchschlägen zu schützen. Ankommende Wanderwellen sollten infolge der Drosselwirkung angestaut, reflektiert und somit dem Transformator ferngehalten werden. Diese Ansicht entsprach z. Z. der Errichtung der Umspann-

[1]) Berger, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 21 (1930) S. 77.

Digitized by Google

stellen und bis etwa 1925, also ungefähr 10 Jahre lang, dem damaligen Schutzgedanken. In den folgenden Jahren wurden jedoch die Isolationsverhältnisse der gesamten Hochspannungsanlagen durch Verwendung von Erzeugnissen mit zunehmend höherwertigen Baustoffen und durch Erhöhung der Spannungsüberschlagswerte und der Durchschlagsicherheit allmählich derart verändert, daß eine grundlegende Wandlung der Überspannungsschutzfrage die allgemeine Folge war.

Auf diese Entwicklung des Überspannungsschutzes hat auch der Einbau von Erdschlußlöschern maßgeblichen Einfluß gewonnen. Die Wanderwellenbeanspruchung insbesondere von Transformatoren ist durch den Einbau von Erdschlußlöschern — im vorliegenden Fall seit 1925 Löschtransformatoren — wesentlich verringert worden, weil die Erdschlußlichtbogen, als die Erreger von Erdschlußüberspannungen, im Entstehen unterdrückt werden. Dadurch ist ein Teil des ursprünglichen Aufgabengebietes der Schutzdrosselspulen erledigt worden. Eine weitere Verminderung der Stationsgefährdung ist durch den Umbau vieler Holzmastleitungen in Eisenmastleitungen und durch Verbesserung der Masterdungen eingetreten. Anderseits ist festgestellt worden, daß in zahlreichen Fällen hinter und an den Drosselspulen Überschläge und Kurzschlüsse als Folge des Zusammenwirkens von Drosselspulen-Induktivität und Erdkapazität der Transformatordurchführungen eingetreten sind[2]). Die unzureichende Kurzschlußfestigkeit der Schutzdrosselspulen bei Überschlägen und die lästigen Nachwirkungen der aufsteigenden Lichtbogen führten nicht nur zur Beschädigung der oberen Stationseinrichtung, sondern auch häufig infolge der herabfallenden Spulenreste und Porzellanscherben nachträglich zur Zerstörung der Transformatoren. Diese Fehler haben sich vorwiegend an Flachbanddrosselspulen mit hoher Windungszahl gezeigt. Zur Vermeidung derartiger Überschläge sind die Drosselspulen teilweise mittels induktionsfreier Widerstände überbrückt worden, wodurch aber gleichzeitig die beabsichtigte Schutzwirkung wieder herabgemindert wird.

Über den Schutzwert der Drosselspulen sind infolgedessen berechtigte Zweifel aufgetreten. Man hat daher zunächst seit mehreren Jahren vom Einbau von Schutzdrosselspulen vor sprungwellensicher geprüften Transformatoren in Deutschland allgemein abgeraten und ihren Ausbau bei auftretenden Störungen empfohlen. Die Frage, ob man allgemein zu einem völligen Ausbau aller eingebauten Schutzdrosselspulen übergehen soll, ist bisher ablehnend oder unsicher beantwortet worden, weil der Nachweis ihrer Überzähligkeit auf Grund von Störungen nicht eindeutig erbracht worden ist. Eine von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung bei 25 Elektrizitätswerken gehaltene Umfrage[3]) gab diesem seitherigen Standpunkt des ungewissen Schutzwertes entsprechenden Ausdruck.

Die dort ausgedrückte Auffassung in Deutschland entsprach auch den Gepflogenheiten der hier betrachteten Mittelspannungsnetze, deren etwa 3300 km Hochspannungs-Freileitungen vorwiegend auf Holzmasten verlegt sind. Im Verlauf etwa der letzten 5 Jahre wurden als Folge des Standpunktes, zerstörte Drosselspulen nicht zu ersetzen, und durch Umbau- und Neubauarbeiten allmählich etwa 35 % aller versorgten Transformatorenstationen frei von Drosselspulen. Irrtümlich wäre es zu glauben, daß innerhalb dieser etwa fünf Jahre allein bei den neubeschafften Transformatoren die Drosselspulen fortgelassen worden sind. Vielmehr ist Tatsache, daß erstens alle beschädigten Drosselspulen ohne Rücksicht auf die dahinter liegenden Transformatoren nicht wieder eingebaut worden sind und zweitens das Auswechseln von Transformatoren aus betrieblichen Gründen nur mit Rücksicht auf die erforderliche Leistung und nicht etwa im Hinblick auf die zufällig in den gestörten Stationen vorhandenen oder nicht mehr vorhandenen Drosselspulen erfolgte. Durch dieses Auswechseln, das ja besonders während der Sommermonate in gewittergefährdeten Gegenden verhältnismäßig häufiger stattfand, sind aber neue und alte Transformatoren von Schutzdrosselspulen frei geworden, so daß erst allmählich mit einem Stationsanteil von etwa 25 bis 35 % ohne Drosselspulen sich eine Vergleichsmöglichkeit für die aufgetretene Störungsziffer der geschützten und ungeschützten Transformatoren ergeben hat. Für die Beurteilung des heute vermutlich noch verbliebenen Schutzwertes ist schließlich die Feststellung ganz besonders wichtig, daß von den alten Transformatoren, die ohne verstärkt isolierte Eingangswindungen und ohne der seit 1923 geforderten Sprungwellenprobe zu genügen geliefert worden sind — denen also in erster Linie der Grund für den Bau von Schutzdrosselspulen zuzuschreiben ist —, heute nur noch ein verhältnismäßig geringer Anteil unverändert in Betrieb ist. Der Isolationszustand der Wicklungen und Durchführungen aller betriebenen Transformatoren ist bei Instandsetzung älterer Fabrikate oder deren Verschrottungen allmählich verbessert worden. Die vorgenommene Untersuchung der beschädigten Transformatoren für die Beurteilung des Drosselspulen-Schutzwertes ist daher ohne Rücksicht auf sonstige äußere Kennzeichen etwa der Herstellerin oder des Lieferjahres durchgeführt worden. Beim Beurteilen der auf Überspannungen zurückzuführenden Transformatorschäden ist dann auch an Teilergebnissen festgestellt worden, daß die relative Störungsziffer älterer Transformatoren nicht größer ist als bei neueren Fertigungen. Die nachstehenden Tafeln 1 und 2 zeigen den Einfluß der Stationsart und der eingebauten Schutzdrosselspulen auf die Zahl der aufgetretenen Transformatoren- und sonstigen Stationsgewitterschäden.

[2]) Böhm, Arch. Elektrotechn. 5 (1917) S. 383.
[3]) Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 381.

Zahlentafel 1. Überspannungsschäden in Transformatorenstationen mit Rücksicht auf die Art der Stationen.

Jahr	mittlere Zahl der Gew.-Tage	Art der Stationen	Zahl der vorhandenen Stationen	Trafo-Schäden Zahl	Trafo-Schäden Anteil %	sonst. Stat.-Schäden*) Zahl	sonst. Stat.-Schäden*) Anteil %	insgesamt*) Zahl	insgesamt*) Anteil %
1933	16	Kopfstationen	804	46	5,72	15	1,87	61	7,60
		Durchgangsstationen	606	29	4,78	9	1,48	38	6,26
		zusammen	1410	75	5,32	24	1,70	99	7,02
1934	22	Kopfstationen	804	50	6,22	16	1,99	66	8,21
		Durchgangsstationen	606	21	3,46	15	2,48	36	5,94
		zusammen	1410	71	5,04	31	2,19	102	7,24
1935	14	Kopfstationen	804	29	3,61	6	0,75	35	4,35
		Durchgangsstationen	606	22	3,63	18	2,97	40	6,60
		zusammen	1410	51	3,62	24	1,70	75	5,31
1933···35	52	Kopfstationen	2412	125	5,18	37	1,53	162	6,72
		Durchgangsstationen	1818	72	3,96	42	2,31	114	6,27
		zusammen	4230	197	4,65	79	1,86	276	6,51

*) Hierin sind Störungen durch Auswechseln von Hochspannungssicherungen nicht enthalten.

Digitized by Google

Zahlentafel 2. Überspannungsschäden in Transformatorenstationen mit Rücksicht auf Schutzdrosselspulen.

Jahr	Schutz der Stationen	Zahl der vorhandenen Stationen	Transformatorenschäden in Kopfstationen	Transformatorenschäden in Durchgangsstationen	Transformatorenschäden zusammen Zahl	Transformatorenschäden zusammen Anteil %	sonstige Stationsschäden in Kopfstationen	sonstige Stationsschäden in Durchgangsstationen	sonstige Stationsschäden zusammen Zahl	sonstige Stationsschäden zusammen Anteil %	insgesamt Zahl	insgesamt Anteil %
1933	mit Drosselspulen	1030	43	21	64	6,21	11	6	17	1,65	81	7,86
	ohne „	380	3	8	11	2,90	4	3	7	1,84	18	4,74
	zusammen	1410	46	29	75	5,32	15	9	24	1,70	99	7,02
1934	mit Drosselspulen	990	40	18	58	5,85	9	9	18	1,82	76	7,68
	ohne „	420	10	3	13	3,10	7	6	13	3,10	26	6,19
	zusammen	1410	50	21	71	5,04	16	15	31	2,20	102	7,23
1935	mit Drosselspulen	900	17	16	33	3,66	3	7	10	1,11	43	4,77
	ohne „	510	12	6	18	3,53	3	11	14	2,74	32	6,27
	zusammen	1410	29	22	51	3,62	6	18	24	1,70	75	5,31
1933 ··· 35	mit Drosselspulen	2920	100	55	155	5,30	23	22	45	1,54	200	6,85
	ohne „	1310	25	17	42	3,20	14	20	34	2,60	76	5,80
	zusammen	4230	125	72	197	4,65	37	42	79	1,86	276	6,51

*) Hierin sind Störungen durch Auswechseln von Hochspannungssicherungen nicht enthalten.

Für die ohnehin schwierige Untersuchung konnte leider aus zeitlichen Gründen für die einzelnen Jahre nachträglich nicht ermittelt werden, in welchem Umfang sich der Stationsanteil ohne Schutzdrosselspulen (27,30 und 36 %) auf Kopf- und Durchgangsstationen verteilt. Man ersieht aber aus der 1. Tafel, daß die durchschnittliche Störungsziffer der Transformatoren in Kopfstationen zu Durchgangsstationen $\frac{5{,}18}{3{,}96} = 1{,}31$ sich fast genau so verhält wie die Zahl der vorhandenen Stationsarten, also $\frac{804}{606} = 1{,}32$. Zählt man hierzu noch diejenigen Stationsschäden, die außer den beschädigten Transformatoren ebenfalls zum Ausbau der Schutzdrosselspulen Anlaß gaben, so ergibt sich keine nennenswerte Verschiebung dieser Verhältnis-Störungsziffer. Man kann daher annehmen, daß der allmähliche Ausbau der Drosselspulen in Kopf- und Durchgangsstationen im gleichen Verhältnis zur Zahl der vorhandenen Stationsarten erfolgt ist. Aus Tafel 2 geht eindeutig hervor, daß von einem praktischen Nutzen der Drosselspulen nicht mehr die Rede sein kann. Es überrascht, daß für das gesamte Versorgungsgebiet die Transformatoren mit vorgeschalteten Drosselspulen mit durchschnittlich 5,3 % eine wesentlich höhere Störungsziffer aufweisen als die von Drosselspulen befreiten Transformatoren mit 3,2 %. Dieses Ergebnis wird außerdem noch bestätigt, wenn man die gleiche Untersuchung aus einem 15 kV-Teilgebiet mit 165 Stationen vergleicht, in dem keine Drosselspulen mehr eingebaut sind. Hierfür beträgt die mittlere Störungsziffer für Transformatoren aus den drei untersuchten Jahren 3,5 %. Zählt man ferner die Stationen mit Drosselspulen geringer Windungszahlen zu den ungeschützten Stationen, so ergibt sich keine nennenswerte Verschiebung des durchschnittlichen Gesamtergebnisses.

Das Zahlenergebnis in den Tafeln zeigt, daß die Gesamtzahl der durch Überspannungen verursachten Stationsstörungen innerhalb der untersuchten drei Jahre durchschnittlich 6,5 für je 100 Stationen beträgt. Auf einen Gewittertag entfallen durchschnittlich 5,3 Störungen mit Schäden, und zwar davon 3,8 Transformatorenschäden. Wenn man diesen Anteil zugrunde legt, so ergibt sich durch Umrechnung, daß bei vorhandenen, eingebauten Schutzdrosselspulen auf einen Gewittertag durchschnittlich 4,3 Transformatorenschäden, bei völlig ausgebauten Schutzdrosselspulen dagegen nur 2,6 Transformatorenschäden entfallen würden. Besser als hier kann wohl die Unzweckmäßigkeit des weiteren Einbaues von Schutzdrosselspulen vor Transformatoren nicht bewiesen werden.

Man begeht an sich einen unbedeutenden Fehler, wenn man nicht berücksichtigt, daß vermutlich ein geringer Anteil der Überspannungsschäden auf einpolige Erdschlüsse zurückzuführen ist, deren Lichtbogen trotz Erdschlußlöschung bei besonderen Netzumschaltungen, für die die Abstimmung der Löscheinrichtungen nicht mehr stimmt, stehen bleiben und Überspannungen erregen können. Vorgänge, bei denen einpolige Erdschlüsse nicht durch Gewitter, sondern durch Werkstoffalterung, äußere Gewalt, z. B. Vögel, besondere Wetterverhältnisse und böswillige Gewalt auftreten und Überspannungen mit nachfolgenden Störungen hervorrufen können, sind aber im Verhältnis zur Gesamtzahl der oben erwähnten Störungsziffer wahrscheinlich sehr gering.

In den Kreis der Betrachtungen sind ferner die sehr viel häufigeren Stationsstörungen durch Abschmelzen von Hochspannungssicherungen nicht einbegriffen, weil hierfür keine Unterlagen für Stationen mit und ohne Schutzdrosselspulen vorliegen.

Das Ergebnis der Störungsstatistik erfährt auch dadurch keine Fälschung, daß bis Ende 1935 in 10 % aller Stationen Kathodenfallableiter eingebaut waren. Den übrigen veralteten, in 9 % aller Stationen noch bis zur endgültigen Vernichtung eingebauten Überspannungsableitern wird ohnehin keine zuverlässige Schutzwirkung beigemessen. Um in diesem Zusammenhang auch zu erkennen, welche Fortschritte in der tatsächlichen Verminderung der Stations-Gewitterstörungen in den letzten drei Jahren gemacht worden sind, wurde gleichzeitig die mittlere Zahl der Gewittertage in die Zahlentafel 1 aufgenommen.

Auf Grund dieser Untersuchung sollen die in rd. 900 Stationen noch eingebauten Schutzdrosselspulen nunmehr in kurzer Zeit ausgebaut werden.

Zusammenfassung.

Auf Grund einer zuverlässigen Statistik für die betriebliche Betreuung der Stations-Gewitterstörungen, wie sie seit einigen Jahren besonders von den Lieferfirmen des neuzeitlichen Überspannungs-Entladeschutzes empfohlen wird, ist für den Stationsbetrieb ohne Schutzdrosselspulen mit 3,2 % eine geringere Störungsziffer der Transformatoren festgestellt worden als mit 5,3 % für den Stationsbetrieb mit Schutzdrosselspulen. Dieses lohnende Ergebnis gab Anlaß, den planmäßigen Ausbau aller vor den Transformatoren noch eingebauten Schutzdrosselspulen anzuordnen. Die Berechtigung des Zweifels an ihrer schon jahrelang umstrittenen Schutzwirkung war damit praktisch erwiesen.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

621. 315. 172. 056 **Der Einfluß ungleicher Spannweiten auf Zugspannung und Durchhang von Freileitungen mit Stützisolatoren.** — Mit Hilfe der bekannten Zustandsgleichung des Seils wird zunächst gezeigt, daß das Vorhandensein verschieden großer Spannweiten a im Zuge einer Freileitung von erheblichem Einfluß auf die Höchstwerte der Zugspannung und des Durchhangs ist. Sofern die Stützpunkte der Leitung als absolut starr angenommen werden, treten infolge der Temperaturänderungen zwischen den einzelnen Spannfeldern Differenzzüge auf. Wollte man daher die bei der Planung gemachten Voraussetzungen über den Höchstwert der Seilspannung beim Bau einhalten, so müßten die für die Montagetemperatur in Frage kommenden Differenzzüge der einzelnen Felder eingeregelt werden, was praktisch nicht möglich ist. Die Elastizität der Masten bedingt jedoch einen rechnerisch kaum erfaßbaren Ausgleichsvorgang. Bei völligem Ausgleich der Differenzzüge läßt sich der Zustand der gesamten Leitung bei jeder Temperatur mit Hilfe der sogenannten „mittleren Spannweite" a_m leicht ermitteln. Hierfür gilt:

$$a_m = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}.$$

Dieser Zustand ist jedoch nicht mit Sicherheit zu erwarten. Der tatsächliche Verlauf der Zustandskurve (Seilspannung in Abhängigkeit der Temperatur!) kann jedoch durch die beiden Grenzfälle (starres Gestänge und völliger Ausgleich) eingegrenzt werden.

Ein Beispiel zeigt, wie sich diese Verhältnisse praktisch auswirken. Trotzdem die in Betracht gezogene Leitung bei einer Montagetemperatur τ von + 10 ° C im kleinsten Feld nach einer Durchhangstabelle für 19 kg/mm² ordnungsmäßig gespannt wurde, ist die eintretende größte Zugspannung mindestens 21,9 kg/mm².

Zur Vermeidung dieser Einflüsse wird man auf die Einhaltung gleich großer Spannweiten besonderen Wert legen. Soweit Abweichungen nicht zu vermeiden sind, ist für die Bauausführung eine besondere Spanntafel zu verwenden, welcher eine geeignete Zustandskurve zugrunde zu legen ist. Eine Einschränkung der zulässigen Montagetemperaturen τ etwa auf das Gebiet über — 20 ° C bis unter + 40 ° C verringert den Einfluß verschieden großer Spannweiten. Für die richtige Auswahl der Zustandskurve der Spanntafel ist Bedingung, daß die durch die Grenztemperaturen gezogenen Kurvenscharen der in Frage kommenden Spannweiten keine höhere Beanspruchung als die zugelassene ergeben. Die Grenzwerte der größten Durchhänge lassen sich mittels derselben Darstellung sinngemäß ermitteln [K. Kohler, Elektrotechn. u. Maschinenb. 53 (1935) S. 565.] *Vb.*

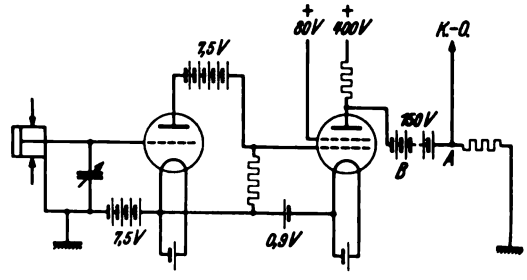
621. 315. 668. 1 : 339. 4 **Jährliche Ausfallmenge eines Bestandes von Holzmasten.** — Der Verfasser setzt in seiner Arbeit die Altersverteilung, welche durch statistische Erhebung der Standdauern einer größeren Anzahl von Masten ermittelt werden kann, als bekannt voraus und betrachtet jeden einzelnen Wert dieser Verteilung als Wahrscheinlichkeit, mit welcher der Abgang eines Mastes bestimmter Gattung zu erwarten ist. Dadurch wird die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung ermöglicht.

Ausgehend von einem Leitungsstützpunkt bestimmter Holzart und Imprägnierung wird zunächst diejenige Wahrscheinlichkeit ermittelt, mit welcher dieser Mast in einem beliebigen Jahr bzw. Zeitpunkt nach erstmaligem Einbau ausgewechselt werden muß, wenn er n-mal vorher ausgefallen ist ($n = 1,2,\ldots$). Für jeden ganzzahligen Wert von n erhält man dadurch eine neue Wahrscheinlichkeitsverteilung, die den in einem bestimmten Jahr zu erwartenden Ausfall beeinflußt.

Mit Hilfe dieser Verteilungen wird dann der Mittelwert der in jedem Jahr anfallenden Masterneuerungen errechnet. Falls die Altersverteilung unstetig ist, also aus einer endlichen Anzahl abgesonderter Punkte besteht, gestaltet sich die zahlenmäßige Auswertung der Ergebnisse im Einzelfall sehr zeitraubend. Für den theoretischen Sonderfall einer stetigen Altersverteilung in Form einer Gaußschen Dichtefunktion, der allgemein wenigstens näherungsweise vorliegen wird, läßt sich eine geschlossene Lösung angeben. Es zeigt sich hierbei, daß die Ausfälle mit wachsendem Alter des Ausgangsbestandes unabhängig von der Zeit werden und einen Grenzwert anstreben, der gleich dem reziproken Mittelwert der Altersverteilung ist. [K. Kohler, Arch. math. Wirtschafts- u. Sozialforschung 2 (1936) S. 34.] *eb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 396. 64 : 537. 228. 1 : 621. 317. 755 **Ein Verstärker für piezoelektrische Druckmessungen.** — Für piezoelektrische Druckmessungen wurde ein Verstärker entwickelt, der die Größe des auf den Piezokristall wirkenden Druckes unmittelbar auf dem Schirm eines Kathodenstrahl-Oszillographen sichtbar zu machen gestattet. Der Verstärker, dessen Schaltbild in Abb. 1 dargestellt ist,



B Ausgleichbatterie für die Anodenruhespannung

K.-O. Anschluß für den Kathodenstrahl-Oszillographen

Abb. 1. Schaltbild des Verstärkers.

hat folgende Aufgaben zu erfüllen: Er muß erstens Gleichspannungen verstärken können, um auch die Messung zeitlich konstanter Drucke zu ermöglichen (was besonders für die Eichung der Anordnung von Wichtigkeit ist). Zweitens muß er eingangsseitig einen derart hohen Isolationswiderstand aufweisen, daß keine nennenswerte Ableitung der Ladung vom Piezokristall eintritt. Die erste Aufgabe wurde gelöst durch Anwendung einer unmittelbaren Kopplung zwischen den beiden Röhrenstufen. Der hohe Isolationswiderstand wurde durch Anwendung einer Elektrometertriode erzielt. Die Ruhespannung der Ausgangsröhre ist durch die Batterie *B* ausgeglichen, so daß der Punkt *A*, an den der Kathodenstrahl-Oszillograph angeschlossen wird, das Potential Null erhält. Die Empfindlichkeit der Meßanordnung kann durch Verändern des zum Kristall parallelgeschalteten Kondensators eingestellt werden. Mit einer derartigen Einrichtung wurden beispielsweise mechanische Stöße von 10^{-3} s aufgezeichnet. [N. G. Calvert, Electrician 117 (1936) S. 164.] *G-ch.*

621. 317. 72. 083. 5 **Wechselstrom-Kompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung durch Doppelspul-Dynamometer.** — Die in der Wechselstrom-Meßtechnik verwendeten komplexen Kompensatoren, bei denen zwei (der reellen und imaginären Komponente entsprechende) Abgleichrichtungen und somit auch zwei diesen Richtungen zugeordnete Abgleichmittel vorhanden sind[1]), wurden bisher fast immer von Hand abgeglichen. Das einzige, von M. Wald angegebene Verfahren zur Schaffung eines komplexen Kompensators mit unmittelbarem Zeigerausschlag[2]) verwendet zwei Induktionsdynamometer, deren Drehspulen sich selbsttätig so einstellen, daß die zu messende Wechselspannung kompensiert wird. Ein derartiger

[1]) Zusammenfassende Darstellung über komplexe Wechselstrom-Kompensatoren: W. Geyger, Arch. techn. Mess. (1932) J 94 — 1.

[2]) M. Wald, ETZ 51 (1930) S. 1583.

Digitized by Google

Kompensator ist nur in den in der Praxis selten vorkommenden Fällen anwendbar, in denen die zu messende Spannung verhältnismäßig groß (ungefähr 1 bis 10 V) ist. Bei den für Wechselstrom-Kompensationsmessungen im allgemeinen vorliegenden bedeutend kleineren Spannungswerten (etwa 10 bis 100 mV) ist die Anwendung eines solchen Kompensators nicht möglich, weil die bei so kleinen Spannungen an den Induktionsdynamometern auftretenden Drehmomente bei weitem nicht ausreichen, um eine einwandfreie Einstellung der Drehspulen zu erzielen.

W. Geyger beschreibt einen neuen, sich selbsttätig abgleichenden komplexen Kompensator, der im wesentlichen aus zwei gewöhnlichen, mit einem Röhrenverstärker zusammenarbeitenden Doppelspulgeräten besteht und der bei Spannungswerten bis herab zu etwa 10 bis 100 mV anwendbar ist. Die zur Kompensation der zu prüfenden Wechselspannung dienenden, um 90 ° gegeneinander phasenverschobenen Vergleichsspannungen werden hier als Ausschlagwinkel der beiden Doppelspulgeräte linear abgebildet und können von diesen Geräten mit Tintenschrift fortlaufend aufgezeichnet werden. Dieser Kompensator kann als „Doppel-Kompensograph" zur gleichzeitigen Aufzeichnung zweier gleich- oder verschiedenartiger Meßgrößen dienen. Hauptsächliche Anwendungsgebiete sind:

1. Vollselbsttätige Aufzeichnung der Kapazität und des Verlustfaktors von Kondensatoren, Kabeln und Hochspannungsgeräten in Abhängigkeit von der Zeit (Einschaltdauer) oder von der Temperatur (aber nicht in Abhängigkeit von der Spannung!), Öluntersuchungen.
2. Spannungs- und Frequenzmessung mit spannungs- bzw. frequenzempfindlichen Brückenschaltungen, die vom Kompensator selbsttätig abgeglichen werden.
3. Schnellaufzeichnung sehr kleiner Widerstandsänderungen (z. B. bei der Temperaturmessung mit wechselstromgespeisten Widerstandsthermometern).
4. Fernübertragung von Meßwerten mit stetig regelbaren Gegeninduktivitäten, die von Meßinstrumenten gesteuert werden.

[W. Geyger, Arch. techn. Mess. (1936) J 94—6.] *eb.*

621. 314. 224. 08 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 413[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Meßeinheiten, sind die folgenden Stromwandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System $\frac{\sqrt{\ }}{37}$, die Formen BAL 1 c und BAL 3 c, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in **Berlin.**

Berlin-Charlottenburg, den 19. Juni 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Stark."

Beschreibung[2]):

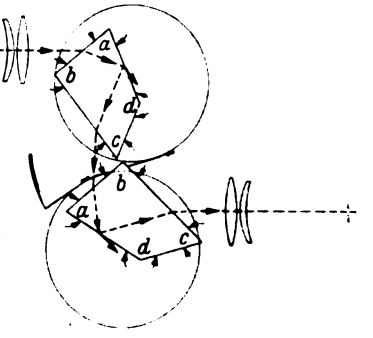
Die Stromwandler der Formen BAL 1 c und BAL 3 c können für die Frequenz 50 Hz, für primäre Nennstromstärken von 5 bis 500 A, für die sekundäre Nennstromstärke von 5 A und für eine Nennbürde von 0,6 Ω beglaubigt werden. Die Stromwandler haben jeweils primär einen Meßbereich.

Die Reihenspannungen, für die die Wandler bestimmt sind, betragen 1 kV bei der Form BAL 1 c, 3 kV bei der Form BAL 3 c. Die Prüfspannungen für die Wicklungsprobe der Primärwicklung gegen Sekundärwicklung und Eisen sind bei der Form BAL 1 c 10 kV, bei der Form BAL 3 c 26 kV; sie entsprechen den vom Verband Deutscher Elektrotechniker in den Regeln für Wandler[3]) festgesetzten Werten.

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 175.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 413 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[3]) VDE 0414/1932.

Beleuchtung.

535. 241. 46—3 **Ein lichtstarker Monochromator für das Ultraviolett.** — An Monochromatoren werden insbesondere zwei Forderungen gestellt: spektrale Reinheit der austretenden Strahlung und ausreichende Intensität. Bei den für physikalische Zwecke hergestellten Geräten, insbesondere bei Doppelmonochromatoren, ist die zweite Forderung meist zugunsten der zuerst genannten vernachlässigt. Da das Ultraviolett von etwa 2000 bis 4000 Å in letzter Zeit in der Biologie und Medizin eine wachsende Bedeutung erlangt hat, und da es bei diesen Anwendungsgebieten in erster Linie auf große Intensität ankommt, haben die Verfasser ein Gerät konstruiert, das hohe Ultraviolett-Intensitäten erzielen läßt. Auf spektrale Reinheit sowie auf Genauigkeit der Wellenlängeneinstellung wurde erst in zweiter Linie geachtet. Der optische Aufbau des Gerätes ist aus Abb. 2 ersichtlich. Als Lichtquelle wird eine bestimmte Quecksilberdampflampe aus Quarzglas (3,3 A 150 V) benutzt.



(Durch die Richtungspfeile ist der Verlauf des Axialstrahles gekennzeichnet. An der Stelle des Prismas, an der die Totalreflexion stattfindet, tritt ein Teil des Lichtes, der unter zu geringem Winkel auftritt, aus. An dem 2. Prisma wiederholt sich dieser Vorgang. Das bei der Totalreflexion ausgetretene Licht wird durch schwarze Blenden, die in der Skizze nicht gezeichnet sind, absorbiert. Die Winkel *a*, *b*, *c*, *d* haben bei dem beschriebenen Gerät folgende Größen:
a 72° 51′ 50″ *b* 94° 16′ 16″ *c* 60° 0′ 0″ *d* 132° 51′ 51″).

Abb. 2. Strahlengang des U.V.-Monochromators.

Um ein Bild von der Leistungsfähigkeit des Gerätes zu geben, seien einige Zahlen aufgeführt:

Bei einer Einstellung des Gerätes auf die Wellenlänge λ erhält man am Ausgang des Gerätes die Strahlungsleistung S.

λ (Å)	S (μW)	λ (Å)	S (μW)
2652	100	3021	700
2804	300	3125	1400
2894	200	3650	3400
2967	400		

[F. Benford, Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 181.]
M. W.

628. 971 : 625. 711 **Beleuchtung von Fernverkehrsstraßen.** Im Jahre 1933 wurden in den V. S. Amerika bei Tage 14 600, während der Nachtzeit 21 480 Personen durch Verkehrsunfälle getötet. Die Gesamtzahl der Unfälle bei Nacht ist um 33 000 geringer als bei Tage, während der Umfang des nächtlichen Verkehrs sich nur auf etwa ein Viertel des Tagesverkehrs beläuft. Die Einschränkung der öffentlichen Beleuchtung während der Krisenzeit erhöhte die Zahl der nächtlichen Unfälle sehr stark. Alle Erziehungsmaßnahmen konnten bisher hieran nichts ändern. Zurückgeführt wird diese Tatsache auf die unzulänglichen Beleuchtungsverhältnisse, sowohl auf die mangelhaften Kraftwagenscheinwerfer als auch auf schlechte oder unzureichende Straßenbeleuchtung. Anlagen für die Beleuchtung von Fernverkehrsstraßen gibt es in den V. S. Amerika in großer Zahl, doch wird nur der allerkleinste Teil davon als wirklich einwandfrei und gut anerkannt. Die Beleuchtung der Fahrbahn durch Kraftwagenscheinwerfer wird als „unwissenschaftlich" bezeichnet, da besonders bei nassem Wetter der Lichteinfall ungünstig und für den Fahrer unzweckmäßig ist, während der Entgegenkommende außerdem noch stark geblendet wird. Mit dem Licht der in Amerika üblichen Scheinwerfer kann man nach Ansicht des Verfassers bei nasser Straße nicht schneller als 50 km/h fahren. Die Beleuchtung der Straßen wird für bedeutend vorteilhafter gehalten, da sie die Fahrgeschwindigkeit praktisch nicht beschränkt. Einige Lichtbilder zeigen die Überlegenheit

Digitized by Google

einer guten Straßenbeleuchtung mit Natriumdampflampen gegenüber der besten in Amerika üblichen Scheinwerferbeleuchtung bei regnerischem Wetter. Der Verfasser tritt weiter dafür ein, daß der Staat die Beleuchtung der Fernverkehrsstraßen übernimmt. Er glaubt, daß die Kosten sich aus öffentlichen Mitteln decken lassen im Hinblick auf die hohen Abgaben aller Art, die der Kraftwagenbesitzer zu zahlen hat, und deren Erträgnis nicht immer für Zwecke des Kraftfahrwesens verwandt wird. (Der außerordentliche Wert einer guten und einwandfreien Beleuchtung der Fernverkehrsstraßen ist nicht zu bestreiten. Dies zeigt sich besonders in den V. S. Amerika, wo die üblichen Kraftwagenscheinwerfer und die dort angewandten Abblendsysteme sehr erhebliche Nachteile haben gegenüber der in Europa allgemein eingeführten Abblendung mit Lampen, die einen mit Abblendkappe versehenen zweiten Leuchtkörper besitzen. Bem. d. Ber.) [L. A. S. Wood, Electr. Engng. 55 (1936) S. 614.] *F. Bn.*

Elektrowärme.

621. 364. 001. 8 (437) **Gründung einer „Werbe- und Forschungsstelle auf dem Gebiete der Elektrowärme" in Nordböhmen.** — Gelegentlich der Tagung des Deutschen Verbandes der Elektrizitätswerke anläßlich der Elektrosonderschau auf der Reichenberger Messe vom 16. bis 23. 8. d. J. wurde die obengenannte Gründung vollzogen. Zweck und Ziel der auf Anregung von Dir. Rumler in Form einer Interessengemeinschaft der nordostböhmischen Elektrizitätswerke gegründeten Forschungsstelle, in welcher Elektrizitätswerke, Verbraucher und Hersteller vertreten sind, ist die Untersuchung und praktische Erprobung aller Elektrowärmegeräte wie auch die Förderung ihrer Einführung in die Praxis im Wege einer aufklärenden Werbung, die Erschließung neuer Anwendungsgebiete und Sammlung von Betriebserfahrungen. Die Forschungsstelle hat bereits ansehnliche Erfolge zu verzeichnen. Sie hat z. B. in der Tschechoslowakei die Anregung der serienweisen Herstellung von Elektrokochherden und anderer Wärmegeräte zwecks Verbilligung der Herstellungskosten gegeben. Ebenso hat das Institut in der tschechoslowakischen Glas- und keramischen Industrie wertvolle Mitarbeit geleistet, besonders durch die konstruktive Durchbildung eines Glasdruckofens für den praktischen Betrieb.

Wenn man erwägt, daß im Gablonzer Industriebezirk allein im Jahre 1930 für die Ausfuhr 10 Mill kg Glasschmuck geliefert wurde, bei dessen Herstellung man im Durchschnitt mit dem Verbrauch von 3 kWh/kg rechnen könnte, so ergeben sich für die beteiligten Elektrizitätswerke ganz ansehnliche Stromabsatzmöglichkeiten.

Weitere Aufgaben der Forschungsstelle bilden Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit elektrischer Öfen im Vergleich zu anderen Heizungsarten, der keramischen Ofenbaumassen auf ihre technologischen und elektrischen Eigenschaften mit besonderer Berücksichtigung der inländischen Vorkommen und Lebensdauerprüfungen elektrischer Heizwiderstände. Die bisher dem praktischen Betrieb übergebenen Glasdrucköfen haben bereits den Nachweis gebracht, daß die Elektrowärme nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich den anderen Heizungsarten überlegen ist.

Nach einer Statistik des ESČ (Tschechoslowakischen Elektrotechn. Verbandes) beträgt der Gesamtanschlußwert aller Haushaltswärmegeräte rd. 320 000 kW. Demgegenüber beträgt die Gesamtleistung aller öffentlichen Elektrizitätswerke einschließlich der Eigenanlagen der Industrie rd. 1 750 000 kW mit einer Jahreserzeugung von fast 3 Mrd kWh. Als neuestes Anwendungsgebiet der Elektrowärme hat sich in der Tschechoslowakei die Leicheneinäscherung ergeben. Die erste Anlage ist von der Stadt Semil bereits in Auftrag gegeben, und Prag hat die Lieferung eines elektrischen Krematoriums ausgeschrieben. G. W. Meyer VDE, Bodenbach.

Installation.

621. 316. 541. 11 + 621. 316. 542. 2 **Installationsschalter.** — In Form und Größe eines normalen Drehschalters ist ein Zeitschalter (Abb. 3) entwickelt worden, der infolge seiner handlichen Abmessungen und einfachen Betätigung für Treppenhausbeleuchtung und ähnliche Anwendungsgebiete geeignet erscheint. Die Schaltzeit ist von ½ bis 3 min je um ½ min regelbar. Für Photobelichtungsmesser sowie akkordzeitbeschränkte Maschinen wird der Schalter auch wahlweise von 5 bis 50 s ausgeführt. Eine unter dem Drehknopf angebrachte Fahne greift je nach Einstellung (nach Lösen des Deckels mittels Werkzeug) in einen der fünf Schlitze der Zeiteinstellscheibe. Durch Drehen des mit einer selbstleuchtenden Einlage versehenen Knopfes bis zum Anschlag wird der Stromkreis geschlossen. Gleichzeitig setzt sich ein mechanisches Zeitwerk in Tätigkeit, das nach seinem Ablauf den Stromkreis wieder unterbricht. Der Schalter, der auch als Aus-,

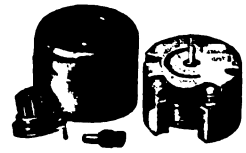


Abb. 3. Zeitschalter.

Abb. 4. Drehschalter-Steckdose.

Wechsel- und Kreuzschalter zu verwenden ist, läßt sich außerdem noch mit einem Steckschlüssel auf Dauerlicht umstellen.

Eine Kombination Drehschalter-Steckdose (Abb. 4) aus Isolierstoff verfolgt den Zweck, in einer normalen 55 mm-Unterputzdose gleichzeitig Drehschalter und Steckdose unterzubringen. Der Schalter wird durch Drehen einer Scheibe betätigt; in der Scheibe sind Löcher ausgespart, durch welche die Stifte des Steckers in die Kontakthülsen im Inneren der Schalter-Steckdose eingeführt werden. Durch die Schaltscheibe ist gleichzeitig ein guter Berührungsschutz für die Kontaktöffnungen gewährleistet. *He.*

621. 315. 674 **Das Verlegen von Leitungen mit Schlitzbandeisen.** — Als ein geeignetes Hilfsmittel, die Leitungen durchgängig und in einem gewissen Abstand von der Wand zu verlegen, hat sich Schlitzbandeisen erwiesen, aus dem an der Montagestelle Bügel und Schellen für die Aufnahme der Leitungen angefertigt werden können. Das Schlitzbandeisen wird in Ringen beliebiger Länge hergestellt und läßt sich daher an jede Baustelle bequem mitnehmen; hier wird es auf eine für die Tragstücke der Leitungen erforderliche Länge abgeschnitten und mit einfachem Werkzeug zurechtgebogen. Als Zubehör kommen in der Regel nur Schrauben zur Verbindung von Bügeln und Schellen in Frage (Abb. 5). Das Schlitzbandeisen eignet sich für die Verlegung von Rohren jeder Art, wie Isolier-, Peschel- und Stahlrohre, ferner auch für die Verlegung von Bleikabeln und kabelähnlichen Leitungen, Feuchtraumleitungen usw. Einerlei, ob es sich um einzelne Leitungen oder um eine größere Anzahl nebeneinander liegender Leitungen, senkrecht oder waagerecht verlaufend, also Steigleitungen oder Abzweigleitungen handelt, überall in Gebäuden, Kanälen und Schächten aus Stein oder Beton läßt sich das Schlitzbandeisen anwenden.

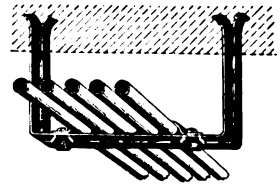


Abb. 5. Leitungsverlegung mit Schlitzbandeisen.

Das Schlitzbandeisen wird in drei Sorten hergestellt, 20 × 1,5 mm bis 30 × 4 mm. Das Eisen wird nach dem Schlitzen feuerverzinkt, so daß Rosten selbst in feuchten, nassen und mit Säuredämpfen durchsetzten Räumen ausgeschlossen ist. *He.*

621. 316. 98 **Blitze und Blitzableiter.** — In einem Vortrag vor der Société française des Électriciens gab P. Grenier im ersten Teil einen Überblick über die verschiedenen Gewitterbildungstheorien, der bis ins 17. Jahrhundert zurückreicht, aber nichts Neues bringt. Auffallenderweise sind die von M. Toepler vertretenen Anschauungen zur Frage der Gewitterbildung neben den anderen von Wilson, Simpson und Dauzère nicht erwähnt. Im zweiten Hauptteil wird dann, angefangen

Digitized by Google

vom 18. Jahrhundert, die Entwicklung der Blitzableiter dargestellt. Dabei wird besonders die Theorie, daß der Schutzbereich einer Blitzableiterstange von ihrer Höhe über dem Erdboden abhängt, als nicht begründet verworfen und darauf hingewiesen, daß aus diesem Grunde auch die diesbezüglichen Festlegungen in einzelnen Ländervorschriften für den Bau von Blitzableitern der Grundlage entbehren. Ein stichhaltiger Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht wird aber nicht gegeben. Auch der Schutz eines Gebäudes durch einen Faradayschen Käfig wird für wertlos erklärt, wenn nicht das ganze Gebäude einschließlich seiner Grundfläche von dem Käfig eingeschlossen wird und dieser sehr engmaschig ist. Das soll auch bei guter Leitfähigkeit des Bodens gelten. Als einzige Ableiterart, die wirklich einen zuverlässigen Schutz gewähren soll, werden Auffangstangen angesehen, die an der Spitze radioaktive Stoffe tragen, weil dadurch die Luft ionisiert wird und ein dauernder Ausgleichstrom zwischen Erde und Wolken fließt. Solche Ableiter sollen Blitze anziehen und gefahrlos ableiten. Bedeutung hat diese Ableiterart aber erst bekommen, als es gelungen war, mit einem wirtschaftlich tragbaren Aufwand an radioaktivem Stoff doch eine sichere Ionisierung der Luft zu erreichen. Dazu dient eine Anordnung, welche die Austrittsgeschwindigkeit der Ionen aus der radioaktiven Masse erhöht. Zu diesem Zweck wird auf der Blitzableiterstange unterhalb des Porzellanbehälters, in dem sich der radioaktive Stoff nach oben abgedeckt befindet, eine Metallscheibe isoliert von der Stange angebracht, an der einige abwärts gerichtete Metallhörner mit nach oben gebogenen Enden sitzen. Die Enden sind ebenfalls mit radioaktiver Masse bedeckt. Dieses antennenartige Gebilde hat gegenüber der Blitzableiterstange ein höheres positives Potential. Dieser Potentialunterschied, der bei Gewitter infolge der dann größeren luftelektrischen Feldstärke beträchtlich ist, soll die Austrittsgeschwindigkeit der Ionen aus der radioaktiven Masse erhöhen.

Für die gute Wirksamkeit solcher Ableiter werden einige Erfahrungen mit versuchsweise erstellten Ableitern erwähnt. Danach soll in einem Falle ein deutliches Abweichen eines niedergehenden Blitzes nach dem Ableiter hin beobachtet worden sein. Ableiter dieser Bauart sollen einen Schutzbereich von mehreren 100 m haben. Für die Erdungsleitungen von Ableitern soll nach Ansicht von Grenier Eisen wegen seiner schlechten Leitfähigkeit und der Erhöhung der Selbstinduktion vermieden werden. Empfohlen wird weiches Kupfer. An den Vortrag schloß sich eine ausgedehnte Aussprache an, in der auch über vorgekommene Blitzeinschläge vom Standpunkt des Einschlagschutzes aus berichtet worden ist. [P. Grenier, Bull. Soc. franç. Électr. 6 (1936) S. 513.] *Gd.*

Verkehrstechnik.

628.975 : 656.1 (44) **Die Entwicklung der Verkehrssignalanlagen in Paris.** — [Der Aufsatz, über den nachstehend berichtet wird, ist insofern bemerkenswert, als in Paris trotz der großen Verkehrsdichte vor noch nicht langer Zeit Verkehrssignalanlagen wenig gebräuchlich waren. Daß inzwischen ein völliger Umschwung eingetreten ist, beweist, daß man die Erfahrungen anderer Länder nicht nur mitverwendet hat, sondern auch bestrebt ist, die Entwicklung in neue Bahnen zu lenken. D. Ber.] Die erste Regelung des Verkehrs wurde durch Polizeibeamte mit Hilfe der bekannten weißen Stäbe durchgeführt. Da die Beamten besonders des Nachts und auch am Tage auf großen Plätzen schlecht zu sehen sind, bediente man sich der im Eisenbahnverkehr bereits benutzten Lichtsignale. Im Gegensatz zu den Anordnungen in anderen Ländern verwendet man jedoch nur das Rotsignal. Zu Beginn und Ende der dadurch bedingten Haltezeit wurde ein Weckersignal gegeben, welches das sonst übliche Gelbsignal ersetzte. Das Grünsignal fiel fort. Man hat jedoch bald erkennen müssen, daß diese ungewöhnliche Anordnung zu Schwierigkeiten führte. Es wurde daher das in anderen Ländern allgemein übliche Dreifarbensystem eingeführt mit den Farben rot, gelb und grün. Hauptsächlich begnügte man sich mit der zweiphasigen Verkehrsregelung, wählte jedoch auch drei- oder mehrphasige Regelungen, wenn starker Linkseinbiegeverkehr oder Kreuzungen mit mehr als vier Einmündungen es erforderten. Da der Fußgängerverkehr innerhalb der allgemeinen Verkehrsregelung eine wichtige Rolle spielt, hat man in besonderen Fällen durch Anhalten des Fahrdammverkehrs die Fußgänger abgeleitet.

Die dreifarbigen Ampeln enthalten gegenüber den anderswo üblichen Ausführungsformen bemerkenswerte Änderungen. Die Rückseite der einseitigen Ampeln ist nicht abgeschlossen, sondern jeweils gegenüber den regelmäßig angeordneten Ampelleuchten zur Aufnahme einer kleineren Wiederholungsleuchte geöffnet. Dabei wird die gleiche Glühlampe für die Ausleuchtung des Haupt- und Wiederholungssignals benutzt. Neuerdings werden Ampeln nicht mit rückwärtigen, sondern mit seitlichen Wiederholungssignalen eingeführt, die mitunter für die Fußgänger verwendet werden. Die Ampelseite erhält dann entsprechende Beschriftungen auf Transparenten. Die Fußgängerleuchten (ohne Verbindung mit den oben angegebenen Ampeln) sind noch nicht einheitlich. So sind beispielsweise auch rote und grüne Leuchtröhren in Buchstabenanordnung gebräuchlich.

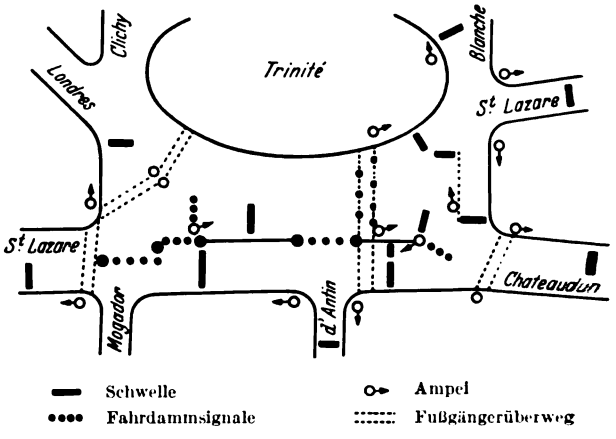


Abb. 6. Verkehrssignalanlagen auf dem Place de la Trinité in Paris.

Neuartig sind die im Fahrdamm eingelassenen Lichtsignale. Sie sind sehr kräftig gebaut, um nicht nur den Witterungseinflüssen, sondern auch den Beanspruchungen durch Pferdetritte und darüber fahrende Lastwagen zu widerstehen. Die Lichtsignale werden von Hand durch Beamte, von Fußgängern oder selbsttätig durch entsprechende Schalteinrichtungen gesteuert, die mit fest eingestellten Zeiten oder nach dem fahrzeuggesteuerten System arbeiten. Bezüglich des fahrzeuggesteuerten Systems werden in Paris Anordnungen von verschiedenen Firmen benutzt. Die Bodenschwellen arbeiten bei dem einen Verfahren nicht mit unmittelbarer elektrischer Kontaktgabe, sondern pneumatisch. Die von den Fahrzeugen erzeugten Luftstöße werden in einem pneumatischen Relais in elektrische Stromstöße umgeformt. Im Gegensatz hierzu arbeitet ein anderes Gerät nach einem mechanischen Prinzip. Im Ruhezustand der Anlage blinken die gelben Leuchten der Ampeln. Wird in einer Verkehrsrichtung das Grünsignal durch Betätigen der zugeordneten Bodenschwelle verlangt, so wird eine Signalscheibe an den dauernd umlaufenden Synchronmotor gekuppelt. Diese veranlaßt die Umschaltung des gelben Blinklichts auf grün bzw. rot und stellt den Ruhezustand nach einer Umdrehung wieder her, wenn das Grünsignal von anderen Fahrzeugen der gleichen Verkehrsrichtung nicht erneut angefordert wird, andernfalls macht die Scheibe weitere Umdrehungen. Eine zweite mitangetriebene Begrenzungsscheibe verhindert eine unzulässige Ausdehnung einer Grünzeit bei starkem Verkehr.

Ebenfalls mechanisch, aber nicht mit Motor, sondern mit Zeitrelais arbeitet die Schalteinrichtung einer dritten Firma. Für die Einhaltung der Niedrigst- und Höchstzeiten sind für jede Wegrichtung zwei Verzögerungsrelais angeordnet, deren Zeiteinstellung von der Übersetzung zur angetriebenen Aluminiumscheibe abhängig ist, die in ihrer Drehung durch einen Dauermagneten gehemmt wird. Durch seine verstellbare Lage gegenüber der Al-Scheibe ist die Feineinstellung möglich.

Selbsttätige Steuerungseinrichtungen verwendete man bisher nur an einfachen Kreuzungen. Die guten Erfahrungen in London führten dazu, auch in Paris an verkehrstarken Kreuzungen mit vielen Einmündungen derartige Anlagen vorzusehen. So wurde der große Place de la

Digitized by Google

Trinité mit einer „Elektromatik"-Anlage ausgestattet. Wie aus Abb. 6 hervorgeht, handelt es sich um eine sehr umfangreiche Kreuzung mit vielen Einmündungen. Entsprechend der räumlichen Ausdehnung ist sie in vier Teilkreuzungen aufgeteilt worden, die jede für sich durch eine eigene Schalteinrichtung gesteuert werden. Bei schwachem Verkehr arbeiten die Schalteinrichtungen unabhängig voneinander. Da bei starkem Verkehr diese Arbeitsweise unzulässig wäre wegen der stark gehemmten Durchfahrtsmöglichkeiten, sorgt eine übergeordnete besondere Schalteinrichtung für eine geregelte abhängige Arbeitsweise. Diese Kreuzung ist nicht nur mit den üblichen Standampeln ausgestattet worden, sondern auch mit den oben erwähnten Fahrdammsignalen, die sich sehr gut bewährt haben sollen, da es bei großen Plätzen schwierig ist, größere Fahrzeuganhäufungen an bestimmten Stellen halten zu lassen. Für die Abwicklung des Verkehrs wurden sechs Phasen eingerichtet, deren Verkehrsrichtungen in dem Aufsatz in sechs Abbildungen angegeben sind.

Abschließend bemerkt der Verfasser, daß in Zukunft für Paris die Einrichtung synchronisierter Kreuzungen mit Bodenschwellen (ähnlich Piccadilly, London) vorgesehen ist. Man möchte noch weiter gehen und Straßen, deren Fassungsvermögen voll erreicht ist, zur Entlastung selbsttätig abriegeln und den Verkehr über parallel laufende Straßenzüge leiten, bis die erwähnte Straße wieder aufnahmefähig wird. [A. Janet, Bull. Soc. franç. Électr. 6 (1936) S. 637.] *Kst.*

Fernmeldetechnik.

621. 396. 029. 6 : 656. 62 **Schiffsfunkversuche auf der Donau.** — Mitte September wurden vom Verfasser auf der Strecke Wien—Passau wieder Versuche durchgeführt, um das besonders auf der Donau völlig unzureichende Nachrichtenwesen durch Funkverbindungen auszugestalten. In erster Linie handelte es sich in diesem Jahre um die Strudenstrecke. Zwischen Grein und Sarmingstein kann nämlich der Strom nur „eingleisig" befahren werden. Infolge nautischer Hindernisse ist in diesem Abschnitt ein Kreuzen oder Überholen der Fahrzeuge strompolizeilich verboten. Diese Strecke ist nun beiderseits durch Signalstationen blockiert, die gegenseitig durch optische Signalmittel in Verbindung stehen. Aufgabe des Funktechnikers ist es, diese völlig veralteten Signalmittel, die den Verkehr wesentlich erschweren, durch Funkstationen zu ersetzen. Überdies soll das Voranmeldewesen neu geregelt werden. Heute kann es nämlich vorkommen, daß Talfahrer bei gesperrtem Signal lange Zeit vor der Einfahrt aufrunden müssen. Anderseits müssen nicht selten Bergfahrer ungebührlich lange warten, bis sie die Einfahrt freibekommen. Da nun an der bergseitigen Einfahrt das Runden aus nautischen Gründen nicht ungefährlich ist, so ergeben sich häufig Unglücksfälle. Es soll nun in der Weise Abhilfe geschaffen werden, daß die Talfahrer bereits aus Mauthausen oder Wallsee durch Funkmeldung ihre Durchfahrt anzeigen. In Grein kann dann ein Fahrplan aufgestellt werden, der die Durchfahrt ohne Aufenthalt ermöglicht. Die Schiffe hätten dann nach eingelangter Rückmeldung die Möglichkeit, durch Verlangsamung der Fahrt erst zu jenem Zeitpunkte am Struden anzukommen, in dem die Enge für die Durchfahrt frei ist. Auf diese Weise könnten die gefährlichen Rundenmanöver vermieden und der Verkehr beträchtlich beschleunigt werden. In technischer Hinsicht handelt es sich um die Erstellung einer Kurzwellenverkehrsanlage auf dem 10 m-Bande zwischen den Stationen Grein, Sarmingstein (St.-Nikola), Wallsee und Mauthausen. Die Versuche werden von den in Betracht kommenden Behörden in jeder Hinsicht unterstützt.

Das Ergebnis der Versuche war auch wissenschaftlich interessant, da es den großen Einfluß der Grundwasserströme auf die Ausbreitung kurzer Wellen zeigte.

Neben diesen Untersuchungen wurden noch Empfangsbeobachtungen auf der Strecke Passau—Wien—Budapest—Belgrad—Russe in Bulgarien durchgeführt. Vermessen wurden die Sender München, Linz, Wien, Preßburg, Budapest, Belgrad, Bukarest und Sofia. Sehr interessant sind die Ergebnisse im Eisernen Tor. Die starken Absorptionserscheinungen lassen auf das Vorhandensein eines stark erhaltigen Ufergebirges schließen. Es wäre daher eine nähere geologische Untersuchung am Platze, trotzdem bis heute dort nur Vorkommen von geringer Mächtigkeit angefahren wurden.

Volker Fritsch VDE, Brünn.

621. 396. 621. 52 **Theorie der unerwünschten Schwingungen in rückgekoppelten Audionschaltungen mit Gitterkreisanzapfung.** — Die Gitter-Kathoden-Kapazität der Audionröhre geht in die Abstimmung des Schwingkreises ein. Sie ist keine rein statische Kapazität, sondern hängt auch noch zum Teil von Raumladungseinflüssen, d. h. von den Betriebsdaten der Röhre ab. Bei Erhöhung der Anodenspannung oder dergleichen und erst recht natürlich beim Röhrenwechsel verschiebt sich daher die Resonanzfrequenz des Gitterkreises in einem besonders bei Überlagerungsempfang unzulässigen Maße. Man war daher von jeher bestrebt, die Röhre nicht dem ganzen Schwingkreis, sondern nur einem Abzweig parallel zu legen (Abb. 7). Dabei beobachtete man aber fast stets, daß sich anstatt der gewünschten, den Daten des Abstimmkreises entsprechenden Hauptfrequenz die durch die Induktivität des Spulenabzweiges und die Gitter-Kathoden-Kapazität bestimmte Nebenfrequenz erregte. Sie liegt weit oberhalb der zu empfangenden Frequenz, so daß diese nicht „erfaßt" wird. Von W. Kautter werden die Ursachen dieser Erscheinung aufgezeigt und Mittel zu ihrer Beseitigung angegeben. Abstimmspule, Rückkopplungsspule und Gitterabzweig bilden nämlich zusammen einen Transformator mit drei Wicklungen, welcher bei rein mathematischer Behandlung auf unübersichtliche Gleichungssysteme führen würde. Bei Verwendung des angegebenen Ersatzbildes lassen sich jedoch nach Einführung einiger durchaus zulässiger Vernachlässigungen die Verhältnisse für Haupt- und Nebenfrequenz getrennt so vereinfachen, daß die eigentliche Rechnung auf einen Mindestwert beschränkt werden kann. Die Ursache für die Fehlerregung ist die sog. Restkopplung zwischen Rückkopplungsspule (R) und Abstimmspulenabzweig (G). Die Restkopplung drückt die Tatsache aus, daß bei einem Übertrager mit drei Wicklungen auch bei Kurzschluß einer Wicklung noch eine Übertragung zwischen den anderen Wicklungen möglich ist, sofern die Kopplung der drei Spulen untereinander nicht 100 % beträgt. Man hat versucht, die Nebenfrequenz durch Einschaltung von ohmschen Widerständen vor das Gitter zu beseitigen, sicher ist dieses Mittel aber nicht. Alle Schwierigkeiten beseitigt man erst, wenn es durch passende Anordnung der Spulen gelingt, die Ungleichung $k_{GR} \leqq k_{RO}\, k_{GO}\left[1 + \left(\frac{\omega_0}{\omega_1}\right)^2\right]$ zu erfüllen. ω_1 ist die unerwünschte Nebenfrequenz, ω_0 dagegen die zu entdämpfende Frequenz, während sich die Indizes G, R, O nacheinander auf die dem Gitter angeschaltete Teilspule bzw. Rückkopplungsspule und Abstimmspule beziehen. Man muß also bestrebt sein, durch passende Anordnung der drei Spulen und gegebenenfalls durch Einführung von solchen Gegenkopplungen, welche nur die gefährliche Nebenfrequenz benachteiligen, die Fehlerregung unmöglich zu machen. [W. Kautter, Telefunkenztg. (1936) H. 73, S. 52.] *eb.*

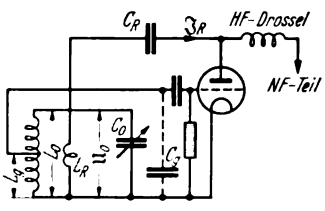


Abb. 7. Audionschaltung mit angezapftem Gitterkreis.

621. 395. 5 (41/42) **Das Weitfernsprechen in England.** — Der Aufsatz behandelt den Inhalt eines Vortrages über Neuerungen an den Fernsprechleitungen der englischen Postverwaltung; er ist unterteilt in die drei Abschnitte: Freileitungen, Landkabel und Seekabel.

Die Freileitungen werden fast ausschließlich als Doppelleitungen ohne Viererausnutzung betrieben; in großem Umfang werden sie mit einem zusätzlichen Trägerfrequenzband ausgenutzt. Dadurch ist es möglich, die Restdämpfung fast auf den Wert Null zu bringen und außerdem die Beeinflussung durch induktive Störungen zu vermindern.

Die Zahl der langen Sprechverbindungen über Freileitungen nimmt jedoch immer mehr ab; diese werden vorwiegend in unterirdischen Kabeln geführt, und zwar sowohl als Zweidraht- als auch als Vierdrahtleitungen. Bei Zweidrahtleitungen wird der Grenzwert der Verstärkerfelddämpfung hauptsächlich durch die Pfeifneigung der Leitungen bestimmt, die durch Abweichungen des Schein-

Digitized by Google

widerstandes von Leitung und Nachbildung bedingt ist. Neuerdings wird diese Pfeifneigung durch sprachgesteuerte Schaltgebilde unterdrückt, welche die Verstärkung in der Sprechrichtung erhöhen und in der entgegengesetzten Richtung herabsetzen. Bei langen Fernleitungen müssen Echosperren eingeschaltet werden; diese werden in neuerer Zeit mit Kupfergleichrichtern anstatt mit Röhren ausgerüstet. Die Verminderung der Verstärkung wird nicht durch negative Gitterspannung, sondern durch veränderliche Dämpfungsglieder am Eingang des Verstärkers erreicht. Zur Verhinderung des Entstehens von Pfeifströmen dienen Rückkopplungssperren; eine neue Rückkopplungssperre, welche nach Art der röhrenlosen Echosperre arbeitet, hat sich gut bewährt. In Zukunft wird eine Anzahl von Sprechkreisen in den Kabeln mit mehreren Frequenzbändern (Niederfrequenzband und ein oder mehrere Trägerfrequenzbänder) betrieben werden. Außerdem ist vorgeschlagen worden, Kabel mit einem Mittelleiter oder mit geschirmten Paaren zu verwenden, auf denen eine große Zahl von Trägerfrequenzkanälen übertragen werden kann. In diesem Zusammenhang sind in letzter Zeit eingehende Untersuchungen über die Wirkungsweise von Abschirmungen bei Frequenzen bis zu 50 kHz ausgeführt worden. Zur Unterdrückung des Nebensprechens bei hohen Trägerfrequenzen ist eine Abschirmung durch dickes Kupferband von mindestens 0,4 mm Stärke erforderlich.

Bei den neueren Seekabeln hat man zu unterscheiden: a) fortlaufend belastete Kabel mit Papierisolation und Bleimantel, b) unbelastete Kabel mit Guttapercha- oder Balataisolation, c) unbelastete Kabel mit Papierisolation mit geschirmten Leitern und Bleimantel. Seekabel mit Pupinspulen und solche mit konzentrischen Leitern werden in England nicht verwendet.

Bei der sich an den Vortrag anschließenden Aussprache wurde erwähnt, daß zwischen Bristol und Plymouth zur Vermeidung des Nebensprechens die beiden Sprechrichtungen in zwei getrennten Kabeln geführt werden; dadurch ist es möglich, 12 Trägerfrequenzkanäle auf jedem Leitungspaar einzurichten. Zwischen London und Birmingham wird ein koaxiales Kabel mit einem Mittelleiter von 3,2 mm Dmr. und einem konzentrischen Rückleiter von 12,7 mm Außendurchmesser verlegt. Es sollen bis zu 300 Trägerfrequenzkanäle eingerichtet werden. [A. C. Timmis, J. Inst. electr. Engr. 78 (1936) S. 601.] *Mts.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

538. 566. 2 **Dispersion kurzer elektrischer Wellen in festen Körpern.** — Von H. Slätis werden einige feste Dielektrika: Ebonit, Glas, Paraffin, Schellack, Wachs, Kalkspat, Quarz und Staurolith, daraufhin untersucht, ob sie im Wellenbereich von 12 bis 200 cm Dispersion zeigen. Der Verfasser benutzt ein von zwei Plattenbrücken begrenztes Paralleldrahtsystem, in dessen Mitte ein kleiner Kondensator mit dem Dielektrikum eingeschaltet ist. Mit Thermokreuz und Spiegelgalvanometer wird auf Resonanz eingestellt. Aus Wellenlänge, Brückenabstand, Drahtabstand und Drahtdurchmesser läßt sich dann die Kapazität des Kondensators berechnen. An den Übergangsstellen zwischen den Paralleldrähten und den Zuleitungsdrähten zum Kondensator treten dabei Reflexionen und Phasenverschiebungen auf, deren Einfluß vom Verfasser berechnet wird. In dem angegebenen Wellenlängenbereich läßt sich keine Dispersion feststellen, weder bei absoluten noch bei relativen Messungen. Nur die Messung des Absorptionskoeffizienten ergibt für Schellack eine Zunahme mit abnehmender Wellenlänge, so daß in diesem Dielektrikum eine Dispersion für kürzere Wellen als die untersuchten wahrscheinlich ist. [H. Slätis, Acta academiae Aboensis Mathematica et Physica IX, 4.] *Br.*

621. 385. 833 : 621. 383. 2 **Über die Umwandlung von Lichtbildern aus einem Spektralgebiet in ein anderes durch elektronenoptische Abbildung von Photokathoden.** — Einleitend bespricht M. v. Ardenne die Entwicklungsgeschichte der Einrichtungen zur Umwandlung von Lichtbildern aus einem Spektralgebiet in ein anderes und weist darauf hin, daß er bereits Ende 1933 seine Arbeiten an der Elektronenbildröhre begonnen hat. Im Hauptteil der Arbeit werden die verschiedenen Aufgaben behandelt, die bei der mit Photokathode, Elektronenoptik und Fluoreszenzschirm arbeitenden Anordnung bestehen. Zur Photokathode wird auf die im Interesse vorteilhafter Abbildungsverhältnisse anzustrebende „Durchsicht-Photokathode" hingewiesen und die Erfahrung mitgeteilt, daß die Empfindlichkeit der Durchsichtkathode auch in ungünstigen Spektralgebieten nicht kleiner bleibt als 20 bis 30 % der Nutzleistung der Aufsichtkathode. Da Schichtarten zur Verfügung stehen, die für die verschiedensten Spektralgebiete vom äußersten Ultraviolett bis zum Infrarot der Wellenlänge 1000 mμ eine hohe Lichtausbeute besitzen, so kann die Transformation von Bildern des großen Wellenlängengebietes vorgenommen werden. Die Abbildung erfolgt durch eine elektrostatische Beschleunigungsoptik, die bei neueren Ausführungen unter Anwendung von Widerstandsspiralen (auf der Glaswandung) ausgeführt ist. Die elektrostatische Optik hat den Vorteil, daß sie eine hohe Abbildungsgüte zu erreichen gestattet, ohne daß die kritische Feldstärke vor der Photokathode besonders hohe Werte annimmt. So konnten z. B. Anodenspannungen bis zu 10 000 V bei den abgebildeten Einheiten benutzt werden, ohne daß Entladungen zwischen Photokathode und der Linsenelektrode eintraten. Weiterhin wird mitgeteilt, daß infolge der starken Vergrößerung der kinetischen Energie der Photoelektronen durch ihre Beschleunigung auf den Betrag der Anodenspannung die Elektronenbildröhre nicht nur zur Umwandlung von einem Spektralgebiet in ein anderes, sondern auch dann mit Erfolg benutzt werden kann, wenn die einfallende Strahlung im Bereich des sichtbaren Lichtes liegt. Eine Messung über das Verhältnis von abgegebenem zu primärem Lichtstrom bei angenähert gleichartiger spektraler Intensitätsverteilung zeigt, daß bei den untersuchten Mustern eine Lichtstromverstärkung ab 5500 V Anodenspannung einsetzt. Bei 10 000 V Anodenspannung erreicht der Lichtstrom-Verstärkungsgrad nahezu den Wert 4. Auf die Möglichkeit der Kaskadenschaltung über optische Kopplungen und den Betrieb aus einer gemeinsamen Spannungsquelle wird hingewiesen.

Bei Photoschichten, die für den Infrarotbereich empfindlich sind, ist bei Anwendung hoher Anodenspannungen auch in völlig verdunkelten Räumen ein Restleuchten zu beobachten. Dieses Restleuchten begrenzt den Anwendungsbereich des Bildwandlers für schwache Lichtstärken. Durch einen einfachen Versuch wird nachgewiesen, daß das Restleuchten auf den thermisch ausgelösten Dunkelstrom der Photokathode zurückzuführen ist. Eine verhältnismäßig geringe künstliche Abkühlung genügt, um den Dunkelstrom zum Verschwinden zu bringen und damit den Arbeitsbereich der Elektronenbildröhre in Richtung schwacher Infrarotbilder sehr zu erweitern. [M. v. Ardenne, Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936) S. 230.] *Vb.*

537. 533. 72 : 621. 318. 4. 002. 2 **Ausführung von Elektronenlinsen mit Widerstandswendeln.** — Die Eigenschaften elektrischer Elektronenlinsen sind bekanntlich zu einem große Teile bestimmt durch den Potentialverlauf längs der Achse. M. v. Ardenne gibt ein technisch verhältnismäßig leicht zu verwirklichendes Verfahren an, um mit Hilfe von Widerstandswendeln veränderter Steighöhe einen vorgegebenen Potentialverlauf längs der Achse zu erreichen. Die notwendige Steighöhenverteilung wird empirisch im elektrolytischen Trog mit Hilfe verschiebbarer Ringe ermittelt, die an einem gleichmäßig aufgeteilten Spannungsteiler mit genügend kleinem Widerstand angeschlossen werden. Jeder Ring entspricht bei dem Modell einer Windung. — Das Aufbringen der Widerstandsschicht in Wendelform hat gegenüber dem Aufspritzen zusammenhängender Schichten den Vorteil, daß die erforderlichen Widerstandswerte (Größenordnung 1 bis 10 MΩ) leicht erreichbar sind. Das Herstellungsverfahren wird kurz beschrieben und die praktische Ausführung einer auf die Innenwandung eines Glaszylinders geschriebenen Wendel gezeigt. [M. von Ardenne, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 9, S. 623.]

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Bemessung neuzeitlicher Niederspannungs-Schaltgeräte auf Grund der Kurzschlußverhältnisse in Industrieanlagen.

Von F. Denk VDE, Berlin.

621. 316. 57. 027. 2. 001. 1

Übersicht. In vielen umfangreichen Niederspannungsanlagen industrieller Großbetriebe hat die elektrische Leistung, die meist über Umspanner von größeren Netzen bezogen wird, in den letzten Jahren beträchtliche Werte angenommen. Dadurch werden auch große Kurzschlußströme möglich, für welche die Schaltgeräte richtig bemessen werden müssen[1]). In der vorliegenden Arbeit werden die Vorausberechnung der Kurzschlußströme und die entsprechende Bauausführung der Schaltgeräte behandelt[2]).

Vorausberechnung der Kurzschlußströme.

Der Kurzschlußstrom eines Wechselstromnetzes verläuft im allgemeinen nach Abb. 1. Er setzt sich zusammen aus dem Wechselstrom und einem überlagerten Gleichstromglied. Der im ersten Augenblick auftretende Wechselstrom, der sog. Stoßkurzschlußstrom, wird bestimmt durch die Generatorspannung U, den Widerstand des Generators X_g und der Anlage Z_A:

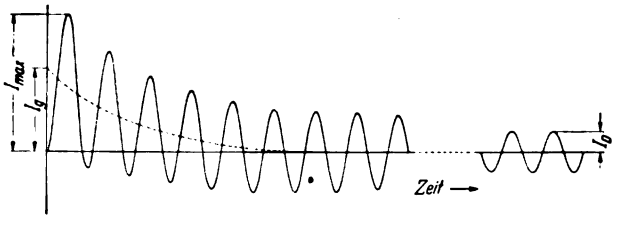


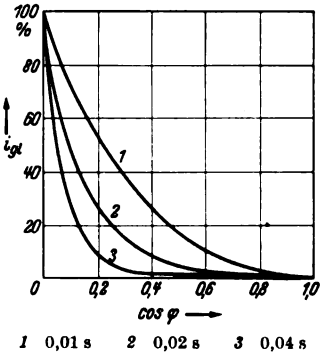
Abb. 1. Verlauf des Kurzschlußstromes in Wechselstromnetzen. Beginn im Augenblick des Wechselstrom-Höchstwertes.

$$I_s = \frac{U}{X_g + Z_A}.$$

Die Ankerrückwirkung des erhöhten Belastungsstromes vermindert mit einer gewissen Verzögerung infolge der magnetischen Trägheit die Generatorspannung und den von ihr erzeugten Strom. Nach wenigen Sekunden stellt sich der Dauerkurzschlußstrom I_D ein, der abhängig ist vom Streuwiderstand, der Ankerrückwirkung, Erregung und Sättigung des Generators und vom Netzwiderstand. Der Unterschied zwischen Stoß- und Dauerkurzschlußstrom ist unmittelbar hinter dem Generator beträchtlich und verkleinert sich mit steigendem Netzwiderstand, da bei kleineren Strömen die Ankerrückwirkung abnimmt. In Niederspannungsanlagen werden die Widerstände der Anlage so beträchtlich, daß nur mit dem Stoßkurzschlußstrom gerechnet zu werden braucht. Ein weiterer Grund hierfür ist auch die kleine Ansprechzeit von Niederspannungs-Schaltgeräten von 0,01 bis 0,03 s. Der Strom, den der Schalter unterbrechen muß, ist daher nur wenig kleiner als der Stoßkurzschlußstrom.

Dem oben behandelten Wechselstromglied überlagert sich in Stromkreisen mit Selbstinduktion ein Gleichstromglied. Je nach dem Augenblickswert der EMK bei Kurzschlußbeginn wird nämlich ein Ausgleichstrom I_g induziert, weil der resultierende Strom mit Null anfangen muß. Der Anfangswert des Gleichstromgliedes ist daher entgegengesetzt gleich dem Augenblickswert des Wechselstromes, den dieser bei Dauerbetrieb gerade durchlaufen würde. Seine Größe schwankt also zwischen der Amplitude des Wechselstromes und Null. Die größtmögliche Stromspitze beträgt infolge des Gleichstromgliedes das 1,8fache und wegen der Wechselstromamplitude das $\sqrt{2}$-fache des Wechselstrom-Stoßkurzschlußstromes:

$$I_{max} = 1{,}8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_s = 2{,}5 \cdot I_s.$$



1 0,01 s 2 0,02 s 3 0,04 s

Abb. 2. Augenblickswerte des Gleichstromgliedes in Prozent des Anfangswertes nach 0,01 bis 0,04 s bei verschiedenem Leistungsfaktor.

Die Zeitkonstante für das Abklingen des Gleichstromes wird bestimmt durch das Verhältnis der Induktivität zum ohmschen Widerstand im Kurzschlußkreis. Abb. 2 zeigt, daß das Gleichstromglied nach der Schalteransprechzeit von 0,01 bis 0,02 s bei einem größeren Leistungsfaktor als $\cos\varphi = 0{,}3$ vernachlässigt werden kann. Wegen der ohmschen Leitungswiderstände ist in Niederspannungsanlagen ein kleinerer Leistungsfaktor nicht zu erwarten.

Der Effektivwert des dreiphasigen Kurzschlußstromes von Niederspannungs-Drehstromanlagen berechnet sich nach den vorstehenden Überlegungen zu $I_k = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z}$. Hierbei ist Z der gesamte Netzwiderstand bis zur Kurzschlußstelle. Für eine Anlage nach Abb. 3 links erhält man das Ersatzschema der Abb. 3 rechts mit den vermerkten ohmschen induktiven Widerständen der Umspanner und Leitungen, aus denen sich der Kurzschlußstrom leicht berechnen läßt. Die Spannung nimmt man im allgemeinen starr an. Wenn man den größten Kurzschlußstrom auf der Hochspannungsseite kennt, kann man sich den entsprechenden Widerstand, der hochspannungsseitig meist rein induktiv ist, berechnen und auf die Netzspannungsseite reduzieren. Für die praktische Auswertung und Vereinfachung der Rechenarbeit wurden Rechentafeln und Nomogramme angegeben[3])[4]). Die so errechneten Kurzschlußströme können recht beträchtlich sein. Die tatsächlich auftretenden Ströme sind erheblich kleiner, da sich in der Rechnung die Übergangswiderstände der Klemmen, die Widerstände der Meßgeräte, die Wirkung der Stromschleifen und Stromverdrängung und die Widerstandszunahme durch die Erwärmung nicht erfassen lassen. In der Praxis wurden z. B. vielfach halb so große Werte wie die errechneten gemessen[5]). In einem der größten Netze, dem 380 V-Maschennetz Berlins, wurden bei Kurzschlüssen in den Verteilungskabeln keine größeren Ströme als 14 000 A ge-

[1]) Nach einem in Berlin am 28. 2. 1936 vor den VDE-Jungingenieuren gehaltenen Vortrag.

[2]) Über die Auswahl von Niederspannungs-Schaltgeräten, siehe ETZ 57 (1936) H. 42, S. 1215.

[3]) Zur Megede und H. Reinshagen, Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Kurzschlußströme in Drehstrom-Niederspannungsanlagen. Siemens-Z. 10 (1930) S. 29 u. 311.

[4]) C. Reinarz, Berechnung von Drehstrom-Niederspannungsanlagen auf Kurzschlußsicherheit. AEG-Mitt. (1930) S. 324.

[5]) Probst, Besprechung des Vortrages „Eigenbedarfsanlagen". ETZ 52 (1931) S. 575.

Digitized by Google

messen[6]). Bei der Wahl der Schaltgeräte sind daher keine Sicherheitszuschläge auf die errechneten Werte erforderlich.

Die Schaltleistung der Geräte wird nach den VDE-Vorschriften angegeben. Ein Gerät entspricht der Schaltleistungsgruppe II, wenn es bei der Prüfung mit 1,1facher Nennspannung einen induktionsfreien Strom von 1500 A

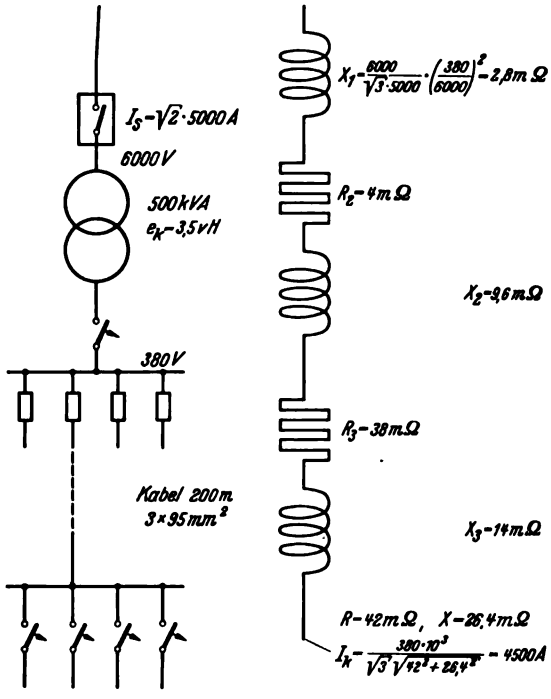


Abb. 3. Beispiel einer Anlage und ihres Ersatzschemas für die Berechnung des Kurzschlußstromes.

15mal ordnungsgemäß ausschaltet. Davon wird 5mal auf den Kurzschluß eingeschaltet. Der Schaltleistungsgruppe III entspricht ein Prüfstrom von 5000 A. Für höhere Ströme ist die Schaltleistungsgruppe IV vorgesehen. Bei der Wahl muß neben der Leistung des Schaltgerätes an sich die Verkleinerung der Leistung des gesamten Gerätes durch die gegebenenfalls beschränkte Festigkeit der Wärmeauslöser berücksichtigt werden.

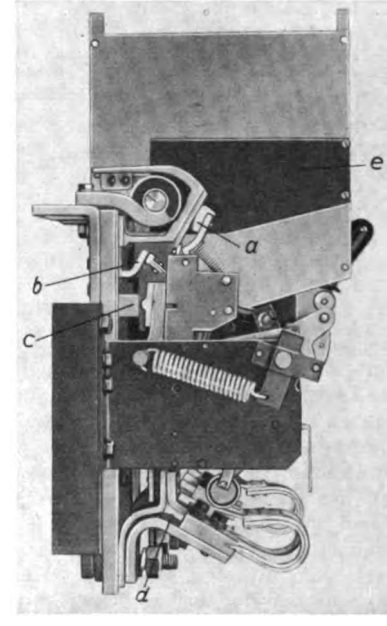
Bauteile von Leistungsschaltern.

Für die Kurzschlußleistung eines Schalters sind die Schaltleistung der Unterbrechung, die Schweißgrenze der Kontakte und die Festigkeit der Auslöser maßgebend.

1. Schaltleistung der Unterbrechung.

Kontakte. — Die neuzeitlichen Klotzkontakte brachten wesentliche Fortschritte gegenüber den alten Bürstenkontakten. Ausgehend von der Vorstellung eines spezifischen Kontaktwiderstandes baute man früher für große Nennströme große Kontaktflächen. Da es schwer ist, derartig große Kontaktflächen zur vollen Auflage zu bringen, wurde der bewegliche Kontakt aus zahlreichen Federkupfer- oder Federbronzebürsten zusammengesetzt, deren Kontaktfläche sauber eingearbeitet werden mußte. Der Unterbrechungslichtbogen durfte nun nicht an diesen Hauptkontakten gezogen werden. Dazu wurden besondere Funkenzieher (Vorkontakte) parallelgeschaltet, die beim Ausschalten erst nach dem Hauptkontakt öffneten. Sobald die Hauptkontakte öffnen, fließt der Strom über die Vorkontakte, und der Lichtbogen wird an den Vorkontakten gezogen. An den Hauptkontakten wirkt jedoch noch ein Spannungsabfall, der sich nach der Stromhöhe und dem Widerstand des Vorkontaktes und der gegebenenfalls in Reihe geschalteten Blasspule richtet. Ein zu großer Spannungsabfall über den Vorkontakt führt bei sehr großen Strömen leicht zur Lichtbogenbildung am Bürstenhauptkontakt und begrenzt dadurch die zulässige Kurzschlußleistung des Gerätes. Die Anordnung eines Zwischenkontaktes, der beim Abschalten nach dem Hauptkontakt, aber vor dem Vorkontakt öffnet, verkleinert den im Augenblick der Öffnung am Hauptkontakt wirkenden Spannungsabfall und erhöht die Leistung. Die neueren Anschauungen über elektrische Kontakte führten zu hohen Kontaktdrücken und Klotzkontakten mit punkt-, linien- oder flächenförmiger Kontaktgabe mit geringeren Übergangswiderständen als die Bürstenkontakte. Klotzkontakte mit ihren kleineren bewegten Massen und höheren Kontaktdrücken ergeben größere Abschaltgeschwindigkeiten, vertragen auch eine gewisse Lichtbogenbildung an den Hauptkontakten und erhöhen damit die Schaltleistung erheblich. Abb. 4 zeigt Hauptkontakte aus Silberklötzen, Zwischen- und Vorkontakte. Hauptkontakte aus Silber brauchen im Gegensatz zu Bürstenkontakten im Dauerbetrieb nicht gewartet zu werden, da sich ihr Übergangswiderstand durch Oxydation praktisch nicht verschlechtert. Bei Kupferkontakten bildet sich allmählich eine Oxydhaut, die ziemlich fest sitzt und sich nur mit sehr hohen Kontaktdrücken wegschieben läßt. Bei kleineren Schaltern kann man auch mit Klotzkontakten allein mittlere Schaltleistungen beherrschen (Abb. 5).

Vorkontakte. — Der Lichtbogen wird, wie schon oben ausgeführt, in der Hauptsache an den Vorkontakten gezogen, die deshalb leicht auswechselbar gemacht werden (Abb. 4 und 6). Die Größe des Lichtbogens wird durch Spannung, Strom und zum Teil auch durch den



a Vorkontakt (Abreißkontakt)
b Zwischenkontakt
c Hauptkontakt aus Silberklötzen
d Wärmeauslöser
e Blaseisen

Abb. 4. Motorschutz-Leistungsschalter (350 A, 750 V) mit Silber-Klotzkontakten, magn. Blasspule im Nebenschluß zu den Hauptkontakten und unmittelbar geheizten Bimetallen.

Werkstoff beeinflußt. Am kleinsten wird die Lichtbogenbildung bei Kupfer-Wolfram-Legierungen und Kupfer-Kupfer-Kontakten, etwas größer bei Kupfer-Messing und noch größer bei Silber-Silber-Kontakten. Die Wahl des Werkstoffes der Vorkontakte wird aber meist durch die Schweißgrenze bestimmt.

Lichtbogenführung. — Von größter Wichtigkeit ist eine gute Lichtbogenführung an den Vorkontakten

[6]) Krohne, Betriebs- und Versuchsergebnisse mit den neuen Maschennetzen der BEWAG. ETZ 53 (1932) S. 645 u. 720.

Digitized by Google

und in der Funkenkammer. Der Lichtbogen darf nicht zu den Hauptkontakten hinschlagen, sondern muß an den Vorkontakten aus dem Schalter herausgeführt werden (Abb. 4 und 6). Ein Rückschlagen der Lichtbogengase wird durch oben offene Funkenkammern mit genügenden Querschnitten vermieden. Gegen Phasenüberschläge müssen die Funkenkammern entsprechend groß ausgeführt werden.

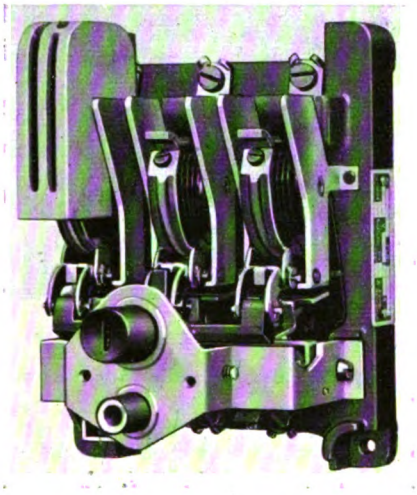


Abb. 5. Motorschutz-Leistungsschalter für 16 A Nennstrom und 500 V Nennspannung.

Bei Gleichstrom erfolgt die Lichtbogenlöschung durch die Widerstandszunahme des immer länger werdenden Lichtbogens. Die Aufgabe ist also, Lichtbogenlänge und Widerstand rasch zu vergrößern. Dies erzielt man durch Hochtreiben an geeignet geformten Vorkontakten. Hörner treiben den Lichtbogen durch ihre elektrodynamische Schleifenwirkung besonders gut hoch. Eine große Breite des Lichtbogens in der Funkenkammer wird heute vermieden, da sie den Lichtbogenwiderstand herabsetzen würde. In Abb. 6 sind Vorkontakte und Funkenkammern bedeutend schmäler als die Hauptkontakte und die Stromführungsschiene. Damit der Lichtbogen nicht nach unten wandern kann, greift die Funkenkammer unter den beweglichen Vorkontakt und in Aussparungen der Hauptkontakte. Eine Abdeckung der Hauptkontakte ist hier jedoch unnötig, da selbst bei größten Abschaltströmen der Lichtbogen nur an den Vorkontakten entsteht.

Magnetische Blasung. — Zur raschen und kräftigen Vergrößerung von Lichtbogenlänge und Widerstand dient die magnetische Blasung. Bei kleinen Schaltern liegt die Blasspule im Hauptschluß und führt dauernd Strom. Bei kleineren Schaltern, Abb. 5, erregt die Spule gleichzeitig den Magnetkreis des Kurzschluß-Schnellauslösers. Seitliche Blasbleche führen das Magnetfeld so, daß es sich senkrecht über den Lichtbogen schließt und nach außen treibt. Bei größeren Schaltern (Abb. 4) liegt die Spule zur Herabsetzung der Stromwärme im Nebenschluß zum Hauptkontakt und wird nur nach der Öffnung über den Vorkontakt voll erregt. Große Schalter mit guter Lichtbogenführung erhalten den Magnetschluß mit Vorteil um die Vorkontakte. In Abb. 6 befindet sich unter dem festen Kontakt ein Eisenkern. Erst wenn der Strom über den Vorkontakt allein fließt, entsteht eine volle Erregerwirkung.

Die magnetische Blasung ist bei Gleichstrom besonders wichtig, da die Unterbrechung nur durch Widerstandszunahme des Lichtbogens erfolgt. Bei Wechselstrom erleichtert der Nulldurchgang von Strom und Spannung die Unterbrechung. Die nach dem Nulldurchgang wiederkehrende Spannung muß erst über die schon entionisierte Luftstrecke neu zünden, wenn der Lichtbogen weiterbestehen soll. Von guten, neuzeitlichen Schaltern werden daher Wechselströme beim ersten oder spätestens zweiten Nulldurchgang nach der Kontaktöffnung unterbrochen. Wenn ein Pol im Augenblick des Nulldurchganges öffnet, entsteht überhaupt kein Lichtbogen. Die Wechselstromlöschung erfolgt im Nulldurchgang leichter, wenn der Lichtbogen noch nicht sehr groß und seine Bahn noch nicht zu stark ionisiert ist. Eine zu große magnetische Blasung könnte daher die Wechselstromabschaltung erschweren. Kleine Wechselstromschalter kann man bis zu gewissen Leistungen und Spannungen auch ohne Blasung bauen.

Mehrfach-Unterbrechung. — Zur Aufrechterhaltung eines Lichtbogens muß die Spannung genügend groß sein. Ein Teil der Spannung wird im Kathoden- und Anodenfall verbraucht. Unterteilt man also einen Abschaltvorgang auf mehrere in Reihe geschaltete Unterbrecherstellen, so wirken an den einzelnen Kontakten nur Teilspannungen und die Abschaltleistung der gesamten Anordnung wird vergrößert. Z. B. lassen sich zwischen einem Kupfer-Kupfer-Kontakt sehr große Ströme (bis zu 150 V) leicht abschalten. Kleinere reihenmäßig gefertigte Drehstromschalter verwendet man für Gleichstrom so, daß die eine Zuleitung über zwei in Reihe geschaltete Pole und die andere Zuleitung über den dritten Pol erfolgt.

Löschplatten (Funkenteiler oder Deionisationsbleche). — Wenn man unmittelbar über einer Wechselstrom-Lichtbogenstrecke Metallplatten anordnet, wird der Lichtbogen bedeutend verkleinert und die Löschung erfolgt sicher im nächsten Nulldurchgang nach der Kontaktöffnung. Die Stromführung in einem Niederspannungs-Lichtbogen erfolgt in der Hauptsache über ionisierte Gasteilchen, die durch Thermoionisation erzeugt wurden. Diese Gasteilchen werden durch Wärmeentzug an den Metallplatten rasch entionisiert; während des Stromnulldurchgangs wer-

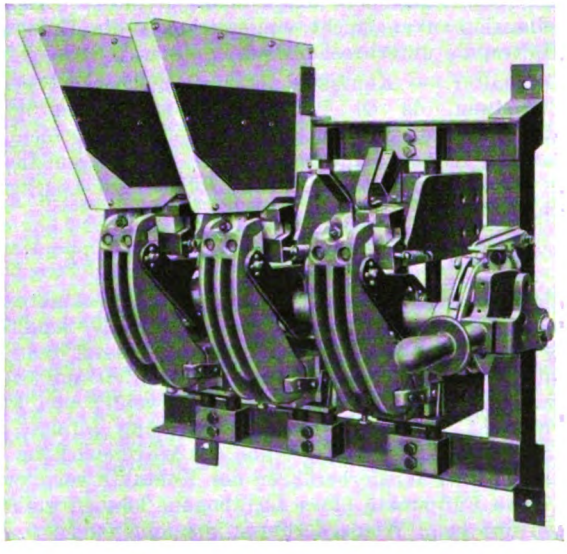


Abb. 6. Leistungsschalter für 3000 A Nennstrom und 750 V Nennspannung.

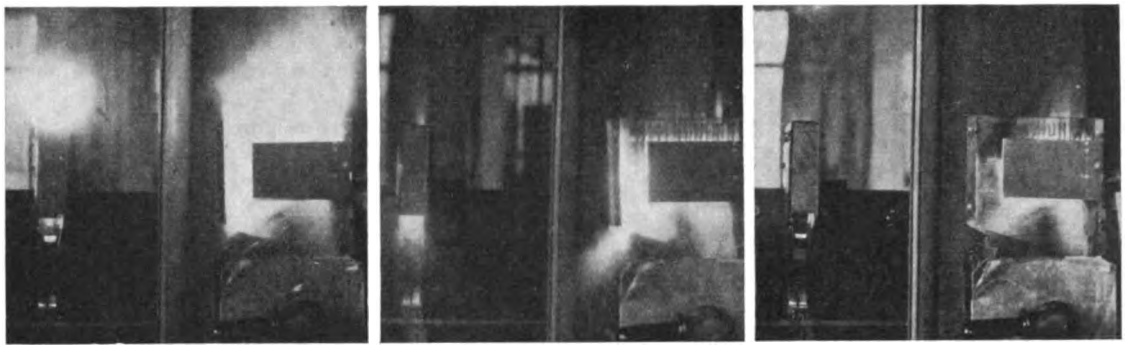
den nicht genug neue Teilchen ionisiert, so daß die Spannung nicht wieder zünden kann. Ferner wirkt noch mit die Aufteilung in zahlreiche kleine Teil-Lichtbögen, die gewissermaßen zwischen Löschfunkenstrecken brennen. Eisenplatten erzeugen überdies noch ein günstiges Magnetfeld. Abb. 7 zeigt Vergleichsaufnahmen, bei denen je 10 Abschaltungen übereinander belichtet wurden, um einen Mittelwert zu erhalten. Löschplatten sind vorteilhaft, wenn es auf kleine Lichtbögen ankommt. Der Schalter nach Abb. 4 erhält z. B. für Einbau in Gußkästen Löschplatteneinsätze, während er sonst für offenen Aufbau ohne Löschplatten verwendet wird. Mit den schon

Digitized by Google

früher gezeigten Bauteilen kann allein schon die höchste Schaltleistung erzielt werden. Wenn genügend Platz vorhanden ist, kann es vorteilhafter sein, die Leistung allein mit einem großen Funkenkamin zu bewältigen.

Kleinste Eigenzeit. — Die Eigenzeit ist die Zeit vom Beginn des Kurzschlußstromes bis zur Kontaktöffnung.

Auseinanderreißen von festgeklebten Kontakten. — Wälzkontakte und schräg auflaufende Kontakte erhöhen die Abreißkräfte durch Hebelwirkung. In Abb. 8 schlägt ein Schlaganker mit großer Wucht auf den Kontaktträger und reißt gegebenenfalls schon festgeklebte Kontakte auseinander.



460 A induktiv ohne Platten 550 A induktiv mit Kupferplatten 550 A induktiv mit Eisenplatten

Abb. 7. Löschplatten-Einsätze in einem einpoligen Versuchsschalter. Abschaltungen rein induktiver Ströme bei 405 V Wechselstrom.

Ein Wechselstrom-Kurzschluß braucht mindestens etwa 4 bis 5 ms bis zum Stromhöchstwert. Wenn der Schalter eine kleinere Eigenzeit besitzt und schon vorher öffnet, kann der Kurzschlußstrom nicht mehr zur vollen Höhe ansteigen, da ihn der Lichtbogenwiderstand bereits dämpft. Bei kleinen Schaltern (Abb. 5) kann man die Schnellauslöser ohne Kraftspeicher unmittelbar auf den Kniehebel wirken lassen und dadurch kleine Eigenzeiten erhalten. Bei größeren unverklinkten Schaltern bringt ein Schlaganker kleine Eigenzeiten. In Abb. 8 schlägt der Schlaganker bei Kurzschlußströmen mit großer Wucht auf die Kontaktstange, nachdem unmittelbar vorher ein kleiner Schnellauslöseanker (nicht eingezeichnet) die Erregung der Haltespule unterbrochen hat.

Ölschalter. — Kontakte unter Öl haben eine große Schaltleistung, da Öl Wechselstrom-Lichtbögen leicht löscht. Ölschalter sind für größere Gleichströme nicht zu verwenden, da im Dauerbetrieb der Gleichstrom-Lichtbogen das Öl verrußt und seine Isolier- und Löschgüte verschlechtert.

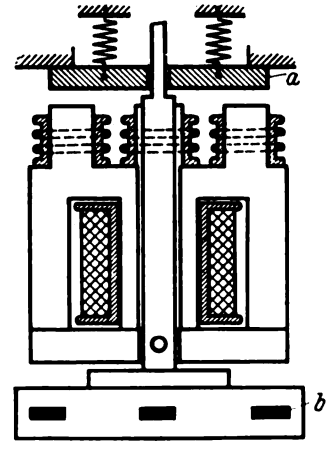
2. Schweißgrenze der Kontakte.

Bei sehr hohen Strömen können Schalterkontakte zusammenschweißen oder festkleben. Obwohl die Schaltleistung des Gerätes noch höher liegen würde, setzt dann die Schweißgrenze eine Grenze für den größten zulässigen Strom. Heute ist erkannt, daß ein Schweißen von Kontakten nicht von der Stromwärmewirkung infolge des Kontaktwiderstandes, sondern von der Wärmewirkung bei Lichtbögen und Wiederberühren der Kontakte verursacht wird. Die Fußpunkte eines Lichtbogens können glühend werden und beim Wiederberühren zusammenkleben. Zur Erhöhung der Schweißgrenze ist also das Abheben und Wiederberühren der Kontakte zu verhindern oder es sind schon festgeklebte Kontakte kräftig auseinanderzureißen.

Abheben verhindern. — Beim Draufschalten ist durch geeignete Bauweise ein Prellen der Kontakte zu verhindern. Die Kontakte und ihre Zuleitungen bilden vielfach eine Stromschleife, die bei hohen Strömen zu einem dynamischen Abheben der Kontakte führen kann. Das dynamische Abheben läßt sich durch entsprechende Schleifenform der Kontakte, durch richtige Bemessung der magnetischen Blasung (zu große Blasung erzeugt meist neben der Vergrößerung des Lichtbogens gleichzeitig dynamisches Abheben) und hohen Kontaktdruck vermeiden.

3. Festigkeit der Auslöser.

Die Schnellauslöser sind im allgemeinen mit ihren durch die Erwärmung festgelegten Abmessungen der Wicklung schon genügend kurzschlußfest. Die Wärmeauslöser in ihrer früheren Form als Hitzdrahtauslöser waren wegen ihrer geringen Masse und daher geringen Wärmespeicherfähigkeit nur wenig kurzschlußfest. Die heute verwendeten Bimetallauslöser sind bei Eigenzeiten von 10 bis 20 ms, wie sie bei Schaltern für Nennströme bis etwa 100 A gebräuchlich sind, kurzschlußfest bis zum 150- bis 300fachen Nennstrom. Bei Schaltern mit kleineren Eigenzeiten (Schlaganker) steigt ihre Kurzschlußfestigkeit entsprechend der Verkürzung der Kurzschlußdauer. Für höchste Kurzschlußströme verwendet man transformatorisch geheizte Bimetallauslöser. Die kleinen Transformatoren werden so ausgelegt, daß sie bei großen Strömen gesättigt sind und daher diese Ströme nicht mehr proportional auf die Bimetallseite übersetzen.



a Schlaganker *b* Kontaktträger

Abb. 8. Schlaganker für Motorschutz-Ölschalter mit unverklinktem Haltemagnet.

Zusammenfassung.

Die Vorausberechnung des Kurzschlußstromes kann sich in Niederspannungsanlagen auf den Effektivwert des Stoßkurzschlußstromes beschränken, der sich aus Spannung und Netzwiderstand ergibt. Das Abklingen auf den Dauerkurzschlußstrom und der Einfluß des Gleichstromgliedes können vernachlässigt werden. Für die Kurzschlußleistung eines Schalters sind die Schaltleistung der Unterbrechung, die Schweißgrenze der Kontakte und die Festigkeit der Auslöser maßgebend. Die zweckmäßige Ausbildung der einzelnen Bauteile eines Leistungsschalters zur Erzielung höchster Leistung wurden beschrieben.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Benutzung eines dem VDE-Zeichen ähnlichen Zeichens.

Die VDE-Prüfstelle hat erfahren, daß eine ausländische Firma elektrotechnische Waren mit dem Zeichen (= AVE) nach Rumänien liefert. Dieses Zeichen ist dem älteren Verbandszeichen sehr ähnlich, und es können dadurch Irrtümer bei den Abnehmern entstehen.

Die Prüfstelle bittet daher alle in Frage kommenden deutschen Verbandszeichen-Genehmigungsinhaber, ihre rumänischen Vertreter auf diese Veröffentlichung ausdrücklich aufmerksam zu machen, damit dieselben in der Lage sind, ihre Kunden darauf hinzuweisen, daß das oben erwähnte Zeichen AVE nicht das Verbandszeichen des VDE ist.

Installationsselbstschalter.

Lt. Mitteilung des Elektrischen Prüfamtes 3 in München entsprechen die nachstehend aufgeführten Installationsselbstschalter den seit dem 1. 7. 1930 geltenden Leitsätzen für Installationsselbstschalter (VDE 0640/1930):

Sockel-IS-Schalter der Firma Christian Geyer G. m. b. H., Nürnberg, für 6 und 10 A 250 V Gleichspannung und 380 V Wechselspannung, mit thermisch-verzögerter, elektromagnetischer Auslöseeinrichtung. Prüfzeit: September 1936.

Für Installationsselbstschalter wird bekanntlich die Genehmigung zur Benutzung des VDE-Zeichens noch nicht erteilt. Installationsselbstschalter, welche lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München den obenerwähnten Leitsätzen entsprechen, können aber ebenso als verbandsmäßig angesehen werden wie andere Geräte, deren Übereinstimmung mit den VDE-Vorschriften von der VDE-Prüfstelle durch Erteilung der Zeichengenehmigung anerkannt worden ist.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Fachversammlung

der Fachgruppe „Installationstechnik"

Fachgruppenleiter: Oberingenieur W. Hoeres VDE

am Donnerstag, dem 29. Oktober 1936, um 20^{00} in der Techn. Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301.

1. Vortrag des Herrn Dr.-Ing. E. h. Dr. H. Passavant VDE, Berlin, über:

„Die Bedeutung isolierender Baustoffe für elektrische Verbrauchsanlagen".

2. Vortrag des Herrn Oberingenieur W. Höpp VDE, Berlin, über:

„Die Einführung isolierstoffgekapselter Schaltgeräte und -anlagen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

der Fachgruppe „Kabeltechnik"

Fachgruppenleiter: Direktor Dr.-Ing. E. Kirch VDE.

Vortrag

des Herrn Direktor Dr.-Ing. E. Kirch VDE, Berlin, am Dienstag, dem 3. November 1936, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Höchstspannungskabel".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fest der Technik.

Am Sonnabend, dem 7. November 1936, veranstalten die technisch-wissenschaftlichen Vereine Berlins das diesjährige „Fest der Technik" in sämtlichen Gesellschaftsräumen des Zoologischen Gartens zu Berlin.

Der Reinertrag fließt dem Winterhilfswerk und den Hilfskassen der einzelnen Vereine zu.

Beginn: 19^{30}.

Anzug: Gesellschaftsanzug oder Uniform.

Damenspende — Reichhaltige Tombola.

Der Eintrittspreis beträgt . . . . je Karte 5 RM

Außer den Eintrittskarten werden Platzkarten ausgegeben, und zwar

für Plätze:	Marmorsaal, untere Logen . .	„ „	8 „
für Plätze:	Marmorsaal, Tische	„ „	6 „
für Plätze:	Marmorsaal, obere Logen . . .	„ „	1 „
für Plätze:	Rote Veranda	„ „	2 „
für Plätze:	Bankettsaal	„ „	2 „

Die Plätze im Kaisersaal, Wintergarten sowie in der Gelben und Grünen Veranda stehen sämtlich ohne Platzkarten zur Verfügung. Eintritts- und Platzkarten sind nur im Vorverkauf erhältlich. Eine Abendkasse findet nicht statt.

Für die Mitglieder des VDE, deren Angehörige und für eingeführte Gäste sind die Karten in unserer Geschäftstelle zu haben. An diese sind auch schriftliche Bestellungen (unter Voreinsendung der Eintritts- und Platzgebühr auf das Postscheckkonto des VDE-Gau Berlin-Brandenburg, Berlin Nr. 133 02) zu richten. Rechtzeitige Bestellung wird dringend empfohlen, da erfahrungsgemäß die guten Plätze sehr schnell vergriffen sind.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Kabeltechnik. Leiter: Dipl.-Ing. F. Kaiser VDE.
2. 11. 1936 „Kabelverlegung", Vortragender: Ingenieur P. Osterburg.

Elektrische Bahnen. Leiter: Dr.-Ing. H. Weißmann VDE.
3. 11. 1936 „Aus der Geschichte der Elektrisierung von Bahnen", Vortragender: Prof. Dr. Paul Müller VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. A. Allerding VDE.
5. 1. 1936 „Meßtechnik zur Prüfung von Rundfunkempfängern", Vortragender: Dipl.-Ing. H. Jungfer.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Digitized by Google

Sitzungskalender.

Gau Bergisch-Land, Wuppertal-Elberfeld. 2. 11. (Mo), 20^{00}, „Saal der Technik": Jungingenieurabend.

Gau Hansa, Hamburg. 4. 11. (Mi), 20^{00}, Techn. Staatslehranst.: „Übertragungsleitungen elektr. Energie im Blickfeld der Rohstoff-Frage". Dr. W. Vogel VDE.

Gau Niederschlesien, Breslau. 3. 11. (Di), 20^{00}, Elektrot. Inst. T. H.: „Die neuzeitliche Entwicklung und Verwendung des Phasenschieberkondensators". Dr.-Ing. P. Hochhäusler VDE.

Gau Danzig. 2. 11. (Mo), 20^{00}, Techn. Hochschule: „Gutes Licht — gute Arbeit". Dr. W. Köhler.

Gau Mittelhessen, Frankfurt a. M. 3. 11. (Di), 20^{00}, Kunstgewerbeschule: Filmstunde mit Damen.

Gau Mosel und VDI Trier. 29. 10. (Do), 20^{15}, Gaststätte „Zur Krim", Glockenstraße: „Das Entstehen eines neuzeitlichen Ozeanschiffes" (m. Film). Obering. H. Goetschmann.

Gau Mosel, Trier. 31. 10. (Sa), 14^{00}, Werkshof der Straßenbahn, a. d. Werner-Siemens-Straße: „Lichtbogen-Schweißveranstaltungen" (m. Vorträgen u. Vorführungen).

VERSCHIEDENES.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Die Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn im Bild, herausggb. v. Hermann Maey. Heft 2: Die elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn im Bild. 2. Aufl. Von Dipl.-Ing. T. Dietze 1930, Preis 0,90 RM; Heft 6: Die Schnell- und Leichttriebwagen der Deutschen Reichsbahn im Bild. Von Dipl.-Ing. E. Born 1936, Preis 1,80 RM, für Studierende und Reichsbahner Preis 1,30 RM. Arbeitsgemeinschaft der Verlage Deutsches Lokomotivbild-Archiv, Darmstadt, Techn. Hochsch. und Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin W 9.

Der Fahrzeugpark der Deutschen Reichsbahn hat im Lauf der Zeit eine so reichhaltige, dem jeweiligen Zweck angepaßte Ausgestaltung erfahren, daß es vom Herausgeber und Verlag sehr lobenswert ist, in einzelnen Heften darüber Rechenschaft zu geben. Das neueste Heft 6 bringt mit Unterstützung der Reichsbahn-Hauptverwaltung, des Reichsbahn-Zentralamts München und der beteiligten Triebwagen-Lieferwerke eine Zusammenstellung der Schnell- und Leichttriebwagen der Deutschen Reichsbahn. Auf 33 ausgezeichneten Kunstdrucktafeln werden die einzelnen Bauarten bildlich dargestellt und in 4 Zahlentafeln ihre Merkmale und Hauptabmessungen angegeben. Ein vorbereitender Textteil von 9 Seiten bringt in kurzer und klarer Form die Entwicklungsmomente des ganzen Triebwagenwesens der Deutschen Reichsbahn in konstruktiver und betrieblicher Beziehung. Es dürfte dieses übersichtliche Material selbst dem engeren Fachmann nicht überall geläufig sein und ihm deshalb ein wertvolles Hilfsmittel bei seinen Berufsarbeiten bieten.

In Verbindung hiermit sei auch auf das schon früher erschienene 2. Heft der Schriftenreihe, enthaltend die elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn, hingewiesen. Hier wird mit 24 Bildern und zugehörigem Text der Entwicklungsgang der elektrischen Lokomotiven in gleich übersichtlicher Form vor Augen geführt. Die seit Erscheinen dieses Heftes geschaffenen elektrischen Reichsbahnlokomotiven werden demnächst in einem Zusatzheft zu Heft 2 behandelt werden, gleichwie das vorbesprochene Heft 6 als ein Zusatzheft zu dem 1930 erschienenen Heft 4 über Triebwagen anzusehen ist. E. C. Zehme VDE.

Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Von Prof. Dr. R. Rothe. Teil IV: Übungsaufgaben mit Lösungen/Formelsammlung. Bearb. v. Stud.-Rat O. Degosang. 1. Heft: Zahlen, Veränderliche und Funktionen. Hauptsätze der Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung. Mit 56 Abb. u. 52 S. im Format 130 × 205 mm. 2. Heft: Funktionen von zwei und mehr Veränderlichen. Differentialgeometrie ebener Kurven. Komplexe Zahlen. Veränderliche und Funktionen. Mit 96 Abb. u. 104 S. im Format 130 × 205 mm. 3. Heft: Integralrechnung. Mit 24 Abb. u. 49 S. im Format 130 × 205 mm. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1932, 1933 u. 1936. Preis je Heft 2 RM geh.

Die drei vorliegenden Hefte geben die Übungsbeispiele zu den Paragraphen 1 bis 42 des in den drei vorausgehenden Bänden niedergelegten Lehrganges der höheren Mathematik, von dem der dritte Band in dieser Zeitschrift erst vor kurzem besprochen wurde[1]). Daraus, daß dieser Band mit § 89 endet, kann man schließen, welcher Teil des Gesamtwerkes von den drei vorliegenden Bändchen Übungen umfaßt wird. Die Übungsaufgaben sind so gefaßt, daß sie die unmittelbare Anwendung der vorher auseinandergesetzten Verfahren gestatten und damit diese Verfahren bei dem Studierenden in Fleisch und Blut übergehen lassen. Damit ist schon gegeben, daß auch wirklich das vorher auseinandergesetzte Verfahren zur Anwendung gebracht wird. Auf der anderen Seite wird aber auch erwiesen, wie das Verfahren sich an Problemen, die der Wirklichkeit entnommen sind, zu bewähren vermag. Freilich muß zunächst die mathematische Schulung im Vordergrunde stehen. Es finden sich daher neben den Anwendungsbeispielen auch rein rechnerische Aufgaben, Umformungen analytischer Ausdrücke oder besondere Fälle der vorher allgemein angegebenen Formeln, namentlich aber auch graphische und geometrische Darstellungen. Es gehört eine viele Jahre hindurch mit voller Hingabe ausgeübte Lehrtätigkeit dazu, um eine solche Sammlung von Aufgaben, wie sie hier vorliegt, zustande zu bringen. Es mußte erreicht werden, daß die Schulung auf allen in Betracht kommenden Gebieten gleich gründlich ist. Damit ist durchweg in jedem einzelnen Falle die zu wählende Methode bereits festgelegt. Während später in der Praxis gerade die Auswahl der geeignetsten Methode das Entscheidende sein kann, soll zuerst der Studierende das mathematische Rüstzeug gehörig zu gebrauchen lernen, dann wird er später schon das Passendste zu ergreifen wissen. Vielseitige mathematische Schulung ist deshalb von großem Vorteil, und eine solche zu geben bemüht sich der Verfasser. Dafür hat er auch seinen Assistenten, Studienrat O. Degosang, zur Mithilfe herangezogen. Bei einer derartigen Aufgabensammlung ist von entscheidender Bedeutung, daß bei jeder Aufgabe genügend, aber auch nicht zuviel Hilfe gegeben wird. Das ist hier durchweg geschehen, und jeder Lernende, aber auch der schon Gereifte wird mannigfache Belehrung aus dieser Aufgabensammlung ziehen. H. Timerding.

Der Rundfunkfachmann. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für die im Rundfunkhandel und -handwerk Tätigen. Von Dipl.-Ing. P. Geuter. Mit 144 Abb. u. 162 S. im Format 155 × 230 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1936. Preis kart. 4,90 RM.

Das Werkchen beginnt mit einer Einführung in die Elektro- und Schalltechnik, bringt dann Teile des elektrischen Stromkreises, einfache Stromkreise, Verstärker- und Hochfrequenz-Gleichrichterkreise, Elektromagnetische Strahlung, Empfangsantennen, Rundfunkempfänger, Lautsprecher, Kraftverstärker und Hilfsapparate, Kraftverstärkeranlagen, Störschutztechnik und Fernsehtechnik sowie ein kleines Schrifttumverzeichnis. Der Funkjünger findet darin alles, was ihn zum Funkfachmann macht: Eine ausführliche und klare Darstellung der gesamten Funktechnik, gute schematische Bilder, auch die wichtigsten Formeln und Zahlenbeispiele. Sehr zu begrüßen sind die Hinweise auf die VDE-Vorschriften.

Karl Mühlbrett VDE.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 13, S. 375.

Digitized by Google

Elementare Festigkeitslehre. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbststudium. (Lehrbuch der technischen Mechanik, 2. Bd.) Von Prof. Dr.-Ing. Th. Pöschl. Mit 156 Textabb., VI u. 218 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 12,60, geb. 14,25 RM.

Das vorliegende Werk gibt einen vortrefflichen Überblick über alles, was in der Festigkeitslehre wesentlich ist. Am Anfang des Buches sind der ein-, zwei- und dreiachsige Spannungszustand ausführlich behandelt. Dann wird auf den Zugversuch, die Bestimmung der Streckgrenze, Zerreißfestigkeit, Dehnung usw. eingegangen und in einer Tafel werden die Festigkeitszahlen der wichtigsten Stoffe gebracht. Kurz wird auch die Bestimmung der Dauerfestigkeit gestreift. Für Berechnung der Zug- und Druckbeanspruchung sind Beispiele angegeben, auch für die Berechnung der Zug-Druck-Schwingungsfestigkeit. Dann wird ausführlich auf die analytische und graphische Bestimmung von Trägheitsmomenten eingegangen. Besonders eingehend ist die Biegung von geraden Stäben, die Differentialgleichung der elastischen Linie, die Berechnung und zeichnerische Ermittlung der Durchbiegung, die Berechnung des statisch unbestimmten Trägers usw. behandelt. Dann wird die Berechnung der Verdrehung zylindrischer Stäbe und der Knickung gerader Stäbe gezeigt. Von den zusammengesetzten Beanspruchungen sind Biegung und Schub, Biegung und Zug, Biegung und Druck und Biegung und Verdrehung behandelt. Die verschiedenen Festigkeitshypothesen der größten Normalspannung, der größten Dehnung, der größten Schubspannung und der größten Formänderungsarbeit werden angegeben. Dann werden die Arbeitssätze der Festigkeitslehre, die Biegung von Stäben mit schwacher und starker Krümmung und die Berechnung von Trägern auf nachgiebiger Bettung behandelt. Zum Schluß wird noch kurz auf einen Teil des großen Gebietes der elastischen Schwingungen (Berechnung der Eigenschwingungszahl) und auf den Fall der dynamischen Belastung eingegangen.

Dem Verfasser ist es gelungen, in knapper und übersichtlicher Form all das klar und gut verständlich darzustellen, was in den vielen Gebieten der elementaren Festigkeitslehre von Wichtigkeit ist. Die gut gewählten Beispiele zeigen anschaulich die Anwendung der Berechnungsverfahren in praktischen Fällen. Das Buch wird also seine Aufgabe, vor allem die Studierenden der technischen Lehranstalten beim Studium zu unterstützen, voll und ganz erfüllen. Theodor Dusold.

Cathode ray oscillography. Von Prof. J. T. MacGregor-Morris u. J. A. Henley. (Monographs on electrical engineering. Herausg. v. H. P. Young. Bd. 2.) Mit XIII, 151 Abb. u. 249 S. im Format 145 × 225 mm. Verlag Chapman & Hall, Ltd., London 1936. Preis geb. 21 sh.

MacGregor Morris, Professor an der Universität London, ist als Verfasser einer der gründlichsten älteren Monographien über Kathodenstrahloszillographen und durch eine Reihe von Originalarbeiten auf dem Gebiet bekannt. Das neue Buch geht seiner Anlage und seinem Umfang nach weit über eine Monographie hinaus. Das sorgfältig zusammengetragene Material erhebt zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit, ist aber auf Grund der eigenen praktischen Erfahrungen der Verfasser so gut ausgewählt, daß der Leser einen unmittelbaren und anschaulichen Eindruck aller Einzelheiten der Oszillographentechnik gewinnt.

Inhalt: Historische Einführung; Elektronentheorie (Atomtheorie, Elektronenerzeugung, elektrische und magnetische Ablenkung); magnetische und elektrische Strahlkonzentration. Raumladungswirkungen im Elektronenstrahl und allgemeine Elektronenoptik; Oszillograph mit kalter Kathode (ältere Typen, Einzelteile, neuere Typen für hohe Schreibgeschwindigkeit); Oszillograph mit Glühkathode (gasgefüllte und Hochvakuumtype); Hilfsapparate (Anodenspannungsgeräte, Pumpen, photographische Ausrüstung, Spannungsteiler, Verzögerungskabel); Arbeitsweise, Wirkungsgrad und Grenze der Kathodenstrahloszillographen; Zeitablenkschaltungen für Hoch- und Niederspannungsoszillographen; Anwendungen des Kaltkathodenoszillographen (Stoßprüfungen, Wanderwellen, Kipp- und Vorablenkschaltungen, Fehlerortsbestimmungen, Schalterprüfung, typische Oszillogramme); Anwendungen des Glühkathodenoszillographen (Messung von Strom, Spannung, Phase, Leistung, Leistungsfaktor und Frequenz; Röhrenkennlinien, magnetische, Modulations-, atmosphärische, Echo-, akustische, mechanische und biologische Messungen usw.); Fernsehsendung und -empfang mit Glühkathodenoszillograph (Intensitäts- und Geschwindigkeitsmodulation).

Der Text wird durch viele anschauliche Konstruktionsskizzen und Lichtbilder ausgeführter Oszillographen ergänzt. Das Buch kann als leicht verständliche und klare Einführung und Arbeitsanleitung dem oszillographierenden Ingenieur und Physiker bestens empfohlen werden. M. Knoll.

Misure. Rendiconti della XL Riunione Annuale dell' A. E. I., Santa Margherita Ligure. Teil I: Misure de carattere generale (alta e bassa frequenza) varie. Teil II: Misure interessanti le frequenze industriali. Teil III: Misure interessanti le comunicazioni (alta frequenza). Herausgegeben von der Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI), Mailand. (Supplemento A zu L'Elettrotecnica Bd. 22 (1935). Mit zahlr. Abb., 154, 188 u. 179 S. im Format 235 × 325 mm. Verlag der AEI, Mailand, Via San Paolo N. 10, 1935.

Der italienische elektrotechnische Verein gibt die Vorträge und Mitteilungen seiner Jahrestagungen alljährlich in Buchform heraus. Jede Jahrestagung beschäftigt sich mit einem Sondergebiet der Elektrotechnik und so betrafen die Verhandlungsgegenstände der letztjährigen Tagung in Santa Margherita im September 1935 das Gebiet der „Messungen" und zerfallen in die 3 Abschnitte:

1. Messungen allgemeinen Charakters für Hoch- und Niederfrequenz.
2. Bemerkenswerte Messungen im Bereiche der industriellen Frequenz.
3. Bemerkenswerte Messungen im Bereiche der Fernmeldetechnik.

Die Arbeiten von Vecchiacchi und Sartori befassen sich mit den Elektronenröhren in der Meßtechnik. Der Letztere untersucht, in welchen Fällen Elektrometer durch Röhrenvoltmeter ersetzt werden können. Vecchiacchi behandelt ferner die Frequenzmessungen im allgemeinen, Bossone die Abschirmungen in Meßkreisen. Pontremoli die Kathodenstrahl-Oszillographen. Palandri beschreibt einen solchen mit kalter Kathode, der im Laboratorium der Kabelfabrik Pirelli entstanden ist. Das Gebiet der galvanometrischen und Kathodenstrahl-Oszillographen ist von mehreren Vortragenden behandelt. Jacopetti beschäftigt sich eingehend mit den Erdstrommessungen. Die verschiedenen Verfahren der Hochvakuum-Messungen stellt Barletta gegenüber.

Im 2. Bande fällt der Aufsatz von Keinath über Verlustmessungen in Dielektrikum auf. De Pol beschreibt einen Meßtransformator für 350 kV hoher Genauigkeit (0,5 % bei 10 bis 100 % der Nennspannung).

Der 3. Band enthält die Arbeiten auf dem Gebiete der Radiomessungen und solche der Weittelephonie. Bernetti und Marietti stellen die bei der ital. Sendegesellschaft üblichen Messungen an den Sendern zusammen. Boella beschreibt eine Substitutionsmethode für Verlustmessungen an Drehkondensatoren. Rutelli und ferner in einem gesonderten Vortrag Gramaglia behandeln ausführlich die Messungen an Senderröhren, wobei der erstere besonders auf seine Messungen im Telefunkenlaboratorium hinweist. Eine weitere interessante Arbeit Rutellis wendet sich der Aufnahme von Strahlungsdiagrammen von Antennen durch die Aufnahme mit Flugzeugen zu, wobei in der Aussprache der Wert der Benutzung von Modellen für Antennenuntersuchungen lebhaft erörtert wird. Den Messungen an Lautsprechern ist eine Arbeit von Lecchi gewidmet. Sacerdote behandelt Lärmmessungen. Das Gebiet der Messungen an Fernkabeln liegt dem Vortrag von Nicolai und Treves zugrunde, wobei der erstere sich den gestörten Sprechkreisen zuwendet.

G. Rautenkrantz VDE.

Montage des lignes électriques aériennes. Von R.-P. Chauvet. Mit 124 Abb., VIII u. 207 S. im Format 135 × 210 mm. Verlag Dunod, Paris 1936.

Nach den Worten des Verfassers ist bisher, offenbar im französischen Schrifttum, zwar über den Entwurf und die Planungen von Freileitungen geschrieben worden, aber

Digitized by Google

noch nicht über den Bau der Leitungen selbst. Diese Lücke soll sein Buch schließen.

Das Werk ist unter Mitarbeit von Fachleuten der Schweiz, Belgiens und Englands entstanden. Die 14 Kapitel sind in 165 Abschnitten übersichtlich dem Werdegang einer Leitung entsprechend aneinandergereiht.

Zunächst werden Werkzeuge, die für den Bau notwendig sind, beschrieben. Die zweckmäßige Auswahl und die Pflege derselben werden behandelt. Bei der Beschreibung ist auf wichtige Einzelheiten Wert gelegt.

Anschließend wird ausgeführt, daß die Vorarbeiten zum Bau einer Leitung sehr sorgfältig vorgenommen werden müssen. Mehrere Arbeitspläne für ebenes und gebirgiges Gelände werden gezeigt. Die Notwendigkeit, erfahrene Bauführer auszusuchen, die Arbeiter gegen Unfälle zu versichern und Maßnahmen zur Verhütung von Unfällen zu treffen, wird hervorgehoben, wobei Arbeiten in den Kolonien besonders erwähnt sind.

Mit den Vorarbeiten im Gelände soll entweder an einem Endpunkt oder an dem höchsten Punkt der Leitung begonnen werden. Auf das Ausschneiden bzw. Fällen von Bäumen wird hingewiesen. Kostenanschläge sollen täglich nachgeprüft werden. Die Festlegung der Linien erfolgt mit den Theodoliten. Für das Ausheben der Mastgruben bei verschiedenen Bodenarten werden Hilfsmittel genannt. Zur Herstellung der Betongründungen ist genau angegeben, welcher Zement, Kies und Sand zu verwenden ist; ebenso sind einzelne Angaben gemacht über das Einbringen des Mischgutes, sowie über die gegebenenfalls notwendige Verwendung von Frostschutzmitteln. Die Betongründungen sollen zweckmäßig in verschiedenen Formen als Block- oder Rohrgründungen, ausgesparte Blockgründungen und im gebirgigen Gelände als Einzelgründungen ausgeführt werden. Schwellengründungen für Eisengittermaste, wie sie in Deutschland üblich sind, werden nicht erwähnt. Das Einbringen von Erdplatten wird kurz beschrieben.

Die Holzmaste sind als Einzelstangen, als A- oder H-Maste oder in weiter zusammengesetzter Form zu verwenden. Zum Stellen werden Erdbohrer bzw. das Einsprengen von Dynamit empfohlen. Es folgt die Beschreibung des Stellens von Eisen- und Betonmasten mit Hilfe der Schere und des Stellzeuges, sowie das genaue Ausrichten der Maste.

Nach den Erfahrungen des Verfassers werden die Stützisolatoren teils aufgekittet, aufgebleit oder aufgehanft. Eisenmaste werden zum Teil über Scharnier aufgerichtet. In schwierigen Fällen erfolgt das Stellen durch schußweises Hochziehen oder durch Einzelaufbau.

Für den Seilzug empfiehlt der Verfasser pflegliche Behandlung der Leitungsseile. Das Ausziehen der Seile von der Trommel wird mit Hand, Winde oder Zugmaschine angegeben. Die Regulierung soll mittels Visierlatte oder Dynamometer erfolgen. Für die Herstellung der Abspannungen werden Montageleitern und Bühnen beschrieben.

Schließlich ist noch je ein Abschnitt den Verbindern und Bunden gewidmet.

Am Schluß des Buches wird noch der Abbruch von Leitungen behandelt, sowie die Verlegung von Leitungen im landwirtschaftlichen Gelände und der Umbau, sowie die Instandsetzung von beschädigten Leitungen.

Abschließend ist zu sagen, daß sich das Buch auf reiche Erfahrungen des Verfassers aufbaut und für Bau- und Kolonnenführer recht geeignet erscheint.

H. Schmieder VDE.

Die allgemeine Energiewirtschaft mit Energiewirtschaftsgesetz und Energienrecht. Grundriß und Kommentar mit Nebengesetzen über Elektrizität, Licht, Funk, Rundfunk, Wasserkraft, Wärme, Wind, Schall und chemische Energie, Radium, Kohle, Gase, Flüssiggase, Öle, Torf, Holz usw. Von A. Kloess. Mit 181 S. im Format 110 × 185 mm. „Naturkunde und Technik" Verlag Fritz Knapp, Frankfurt a. M. 1936. Preis kart. 4,20 RM.

In der Einleitung behandelt Verfasser die Entwicklung der Energiewirtschaft von der Einführung der Wasserräder für den Antrieb der Mahlmühlen bis zum Energiewirtschaftsgesetz vom 13. 12. 35. Sodann stellt er in zwei großen Abschnitten die Energiewirtschaft und das Energierecht dar. In einem dritten Teil wird das Energiewirtschaftsgesetz im Wortlaut angeführt und in seinen einzelnen Bestimmungen kommentiert. Darauf folgen im Wortlaut die Verordnung über Mitteilungspflicht in der Energiewirtschaft vom 30. 7. 1934, das Reichsgesetz über Fernmeldeanlagen vom 14. 1. 28, das Reichsgesetz zur Änderung des Strafgesetzbuches vom 28. 6. 35 und das Gesetz betr. Bestrafung der Entziehung elektrischer Arbeit vom 9. 4. 00 und auszugsweise die deutsche Gemeindeordnung vom 30. 1. 35.

In einem Anhang sind 88 Anmerkungen über Schrifttum und Statistik enthalten.

Das Werk zeichnet sich besonders dadurch aus, daß mit gleicher Gründlichkeit und Sachkunde sowohl die technisch-wirtschaftlichen Fragen der Energiewirtschaft, wie ihre Rechtsformen behandelt worden sind. Von der Behandlung der Energiearten und der Energieformen als geleiteter und getragener Energien geht Verfasser zu den technischen Grundlagen, den Arten der Energienutzungen, der Gestaltung der Energiewirtschaft über und schließt den technisch-wirtschaftlichen Teil mit einem sehr übersichtlichen und inhaltreichen Abschnitt über die Preis- und Wertbildung in der Energiewirtschaft ab.

In dem zweiten großen Hauptteil wird das Energienrecht als Sonderrecht und Wirtschaftsrecht sehr eingehend und für jedermann verständlich behandelt. Erwähnt seien hier besonders die Abschnitte über die Energien als Vertragsgegenstände in Kauf-, Werk-, Versorgungs-, Lieferungs-, Installations- und Fernmeldewesenverträgen und die Energien im Nachbarrecht, Funk- und Rundfunkrecht, sowie den Rechtsschutz durch das Strafrecht, das Verwaltungsrecht und das Wirtschaftsrecht.

Das Werk ist wegen seiner Vielseitigkeit, Gründlichkeit und Zuverlässigkeit sowohl in technischen wie juristischen Dingen für den Techniker, Wirtschaftler und Juristen gleich gut verwendbar und seine Anschaffung daher durchaus zu empfehlen. Gustav Aßmann VDE.

Unrechtmäßige Entziehung von Energie insbesondere elektrischer Energie. Von Dr. H. Kummer. (Glarner Beiträge zur Geschichte, Rechtswissenschaft, Sozialpolitik und Wirtschaftskunde, Heft 22.) Mit XI u. 85 S. im Format 155 × 225 mm. Verlag R. Tschudy, Glarus 1936.

Die vorliegende Arbeit ist eine der rechts- und staatswissenschaftlichen Fakultät Zürich vorgelegte Dissertation. Der rechtlichen Untersuchung der Frage der unrechtmäßigen Entziehung von Energie ist eine Darstellung der technisch-physikalischen Grundlagen vorangestellt, die zum Verständnis der nachfolgenden rechtlichen Untersuchungen über die Arten und Formen der verschiedenen Energieentziehungsvergehen dienen sollen. In einem darauf folgenden Abschnitt werden die Energie als Objekt von Vermögensverbrechen und die einzelnen unrechtmäßigen Handlungen von Energieentziehung behandelt.

Den breitesten Raum der Arbeit nehmen naturgemäß die Ausführungen über die vorhandenen schweizerischen Gesetzesbestimmungen, insbesondere Art. 58 des Elektrizitätsgesetzes und des Art. 127 des Entwurfes des Strafgesetzes ein. Mit Recht führt Verfasser aus, daß das Vergehen der Energieentziehung sowohl durch Strombezieher wie durch Nichtbezieher begangen werden könne. Sehr interessant sind die an Hand von Beispielen aus der Gerichtspraxis angeführten Arten der Begehung von Entziehungsvergehen, wobei zu unterscheiden ist zwischen rechtswidrigen Einwirkungen auf Anlageteile des Energielieferanten und solchen auf Anlageteile des Strombeziehers. Eine besondere Rolle spielen hierbei auch Mißbräuche von Münzautomaten.

Richtig bezeichnet Verfasser den Art. 58 ElG als ein Vergehen besonderer Art, durch den sämtliche Fälle mißbräuchlichen Energiebezugs erfaßt werden. Infolge dieser Fassung des Gesetzes spielt die Frage des „Wegnehmens" für den Diebstahlsbegriff und der Anwendung der Betrugsvorschriften für die Ahndung von Energievergehen keine besondere Rolle mehr.

Den vorliegenden Strafgesetzentwurf, der im Art. 127 von einer fremden Anlage, die zur Verwertung von Naturkräften dient, spricht, will Verfasser dahin abgeändert haben, daß es heißen soll: „Wer einer Anlage, die zur Gewinnung, zum Transport oder zur Verwertung von Naturkräften dient, namentlich einer elektrischen Anlage, unrechtmäßig Energie entzieht, wird ... bestraft."

Die Arbeit des Verfassers stellt einen interessanten und beachtlichen Beitrag zur Lehre vom Elektrizitäts-

Digitized by Google

diebstahl dar, deren Bedeutung noch durch Bezugnahme auf die Rechtsprechung der deutschen Gerichte und das einschlägige deutsche Schrifttum erhöht wird.

Gustav Assmann VDE.

The application of statistical methods to industrial standardisation and quality control. Von E. S. Pearson Herausg. v. British Standards Institution, London. Veröff. Nr. 600. Mit 161 S. im Format 140 × 215 mm. Preis geh. 5 sh. November 1935.

Das Buch ist ein Bericht über eine Sitzung des British Standards Institution im Jahre 1932. Es beabsichtigt, die Anwendung statistischer Verfahren für Vorschriften in Lastenheften und statistischen Beobachtungen und Normungen anzuregen, da diese Verfahren noch nicht soweit angewandt und bekannt sind als sie verdienen.

Abschnitt I. Stichproben beim Käufer und laufende statistische Beobachtung der Fertigung beim Verkäufer. Das letztere Verfahren hat viele Vorzüge, da es die Gleichmäßigkeit der Lieferungen fördert.

II. Beispiele, die schon bei einfacher Gruppierung Auskunft über Gleichmäßigkeit von Lieferungen geben, ohne Rechnung.

III. Die zweckmäßige Gruppierung reicht nicht immer aus. Es folgen die Grundzüge der mathematischen Behandlung: Mittelwerte und Streuungen.

IV. Vergleich der Ergebnisse von Stichproben mit 100 % Prüfungen.

V. Zweckmäßige Bestimmungen für Lastenhefte mit Beispielen.

VI. Mathematische Behandlung der Angaben von V.

VII. Verfahren bei aufeinanderfolgenden Lieferungen und bei Lieferungen von mehreren Verkäufern, getrennte und gemischte Proben.

VIII. Verfahren der Überwachung bei der Fertigung vor der Lieferung. Der Käufer soll Berichte über die Ergebnisse erhalten.

IX. Korrelationen, d. h. Stichproben auf andere Eigenschaften als die gewünschte, z. B. auf Härte statt Zerreißfestigkeit. Dieser Abschnitt ist sehr kurz.

Die Anhänge bringen Tafeln und mathematische Ableitungen.

Das Buch kann als Vereinigung der Angaben betrachtet werden, die in den deutschen Büchern von Daeves (Großzahlforschung) und Becker, Plaut, Runge (Anwendungen der math. Statistik....) und Plaut „Fabrikationskontrolle" (VDI-Verlag) geboten werden. Pearson ist weniger mathematisch als Becker, Plaut, Runge und bringt mehr verschiedenartige Beispiele mit deutlichen Erläuterungen. Das Buch ist m. E. nicht für Anfänger geeignet. Die ersten Abschnitte sind wohl leicht verständlich; für die späteren Abschnitte ist zu sehr auf andere Bücher verwiesen. Aber als Ergänzung der deutschen Bücher, namentlich bezüglich der Lastenhefte, ist das Buch sehr zu empfehlen. F. Lubberger VDE.

Die Holdingkonzerne in der nordamerikanischen Elektrizitätswirtschaft. Ihr Aufbau und ihre Finanzierung. Von Dr. H. Gubler-Wehrli. (Neue Deutsche Forschungen, Abt. Betriebswirtschaftslehre. Bd. 4. Herausg. i. Verbindung mit zahlr. Fachgenossen v. W. Hasenack.) Mit 96 S. im Format B 5. Verlag Junker & Dünnhaupt, Berlin 1936. Preis geh. 4,20 RM.

Der Verfasser hat sich in einer betriebswirtschaftlichen Arbeit die Aufgabe gestellt, die Holdingkonzerne der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft nach den gemeinsamen und besonderen Zügen ihres Aufbaus und ihrer Finanzierung zu analysieren. Er bezweckt mit seiner Untersuchung vor allem, den Grad der Konjunkturempfindlichkeit, den diese Holdinggesellschaften ihrer eigenartigen finanziellen Konstruktion zufolge aufweisen, herauszuarbeiten. In den ersten Kapiteln wird die Bedeutung der Konzerne in der nordamerikanischen Elektrizitätswirtschaft, deren Einfluß sich auf etwa 80 % der gesamten Stromerzeugung erstreckt, und ihr Aufbau mittels der Organisationsform der Holdinggesellschaft behandelt. Weiter werden die besonderen Triebkräfte der Konzentration dargestellt, unter denen die Aussichten auf Konzerngewinne und die Möglichkeit ihrer Verschleierung eine wichtige Rolle gespielt haben. In dem Abschnitt über die Finanzierung der Konzerne werden unter anderem die wichtigsten Wertpapierarten zur Deckung des Kapitalbedarfs, die Formen und die Anwendung der mittelbaren und unmittelbaren Finanzierung, die Verfahren der Konzernerweiterung durch das gebräuchlichste Verfahren des Effektentausches gegen Stimmrechtsaktien behandelt. Die folgende Betrachtung über die Widerstandsfähigkeit der Holdingkonzerne in der Krise führt auf Grund theoretischer Ableitungen zu dem Ergebnis, daß sie infolge der beschränkten Möglichkeit, die Kapitalkosten zu senken, erheblich geringer ist, als die der unabhängigen Gesellschaften. Im Schlußkapitel geht der Verfasser auf die Lage der Konzerne in den Krisenjahren und ihre Krisenpolitik ein. Die Untersuchung stellt eine gründliche Arbeit dar und gibt besonders dem an Fragen der Konzernorganisation in der Elektrizitätswirtschaft in den V. S. A. Interessierten wertvolle Aufschlüsse. H. Winkler.

Friedr. Vieweg & Sohn in 150 Jahren deutscher Geistesgeschichte. 1786 bis 1936. Herausg. v. E. A. Dreyer unt. Mitarb. v. W. Schnoor. Mit IX u. 260 S. im Format 180 × 260 mm. Braunschweig 1936.

Nicht um eine eng umgrenzte Haus- und Familiengeschichte handelt es sich bei der vorliegenden Veröffentlichung zum 150jährigen Jubiläum des Verlages Friedr. Vieweg & Sohn. Es ging, wie die Schrift betont, um die sachliche Darstellung eines vorbildlichen Werkwillens, um die Vergegenwärtigung eines ausgesprochen deutschen Lebens- und Arbeitsweges, eben um die so wirkliche, wenn auch kampfreiche und oft opfervolle Entfaltung eines im Dienst am Buch stehenden Hauses. Dieses dem Verlage Vieweg zustehende Verdienst weiß besonders die Technik und nicht zum wenigsten die Elektrotechnik zu würdigen. Sie und ihre Hilfswissenschaften sind an den Verlagswerken mit den besten ihrer Männer vertreten und haben in diesem Zusammenwirken die Entwicklung der Wissenschaft und Technik nach vorwärts getrieben. Welche Verdienste ein guter Verlag in der Richtung erwerben kann, geht aus dem vorliegenden Archivwerke in wohltuender Deutlichkeit hervor. In ihren Vorträgen haben Prof. Dr. Kritzler für die Technik, Prof. Dr. W. A. Roth für Chemie, Prof. Dr. Scheel für Physik und Prof. Dr. H. E. Timerding für die Mathematik der Entwicklung des Schrifttums ihres Gebietes im Rahmen des Verlags Vieweg mit historischer und sachlicher Treue geschildert. In einem besonderen Abschnitt des stattlichen Buches sind aus dem Verlagsarchiv Briefe bedeutender Männer, darunter Kant, Goethe und Helmholtz, in reicher Auswahl, zum Teil in Faksimile der Öffentlichkeit übergeben worden, wodurch die Verbundenheit des Verlages mit seinen Verfassern noch inniger bekundet wird.

E. C. Zehme VDE.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Wicklungen elektrischer Maschinen und ihre Herstellung. Von Dr.-Ing. F. Heiles. Mit 221 Textabb., VIII u. 185 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 13,80 RM, geb. 15,60 RM.

Die Fernmeldebetriebsordnung für die Verkehrsflugsicherung (FBO) in Frage und Antwort. Von Dipl.-Ing. W. Feilhauer. (Flugfunktechnische Lehrbücher, Bd. 1.) Mit 3 Karten, 14 Anlagen u. 160 S. im Format A 6. Georg Siemens Verlagsbuchhandlung G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 2,50 RM.

Theoretische Berechnung der Wähler- und Leitungszahlen in Fernsprechanlagen. Von Dipl.-Ing. K. Winkelmann. (Elektrische Fernmeldetechnik Bd. 3, herausg. v. C. J. H. Westphal.) Mit 12 Abb. u. 76 S. im Format A 5. Franz Westphal Verlag, Wolfshagen-Scharbeutz (Lübecker Bucht) 1936. Preis kart. 4 RM.

Ziele und Wege der Untersuchungen über den Wasserhaushalt (Niederschlag, Abfluß und Verdunstung) der Flußgebiete. Mit einem Abschnitt zur Einführung in die Korrelationsrechnung. Von Prof. Dr. K. Fischer. (Mitt. d. Reichsverbandes der Deutschen Wasserwirtschaft e. V., 1936, Nr. 40.) Mit 14 Abb. u. 111 S. im Format A 5. Bezug durch die Verbands-Geschäftsstelle Berlin-Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 50. Preis geh. 3 RM.

Digitized by Google

Elementares Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Mittelschulen und zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. J. R. Brunner. 4., verbess. Aufl. Mit 549 Abb., 6 Tafeln, XXII u. 459 S. im Format 165 × 230 mm. Verlag A. G. Gebr. Leemann & Co., Zürich 1936. Preis geb. 6,50 RM.

Dein Super. Der zuverlässige billige Mittelklassenempfänger von heute und morgen. Ausführliche Bauanleitung mit 19 Abb. und einem Bauplan in natürl. Größe. Von H. J. Wilhelmy. (Deutsche Radio-Bücherei Bd. 75.) Mit 35 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1936. Preis kart. 1,50 RM.

[Der Verfasser führt zuerst kurz in die Vor- und Nachteile des Superhet ein, erläutert die Gründe, die den Bastler häufig vom erfolgreichen Nachbau abgebracht haben, und beschreibt dann einige Superhetschaltungen für eine Zwischenfrequenz von 1600 kHz ohne Wellenumschalter. An Hand eines Bauplanes wird ein 50 Mikrovolt-Bastelsuperhet beschrieben, dessen Bauteile einschließlich der Röhren nur etwa 69 RM kosten.]

Flugfunkpeilwesen und Funknavigation. Ein Leitfaden für Flugzeugführer, Funkbeamte und Freunde der Luftfahrt. Von R. Grötsch. 3. erweit. Aufl. (Deutsche Radio-Bücherei Bd. 62.) Mit 25 Abb. u. 97 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1936. Preis kart. 2,50 RM.

[Die erste Auflage wurde bereits ETZ 56 (1935) S. 390 besprochen. Die vorliegende dritte Auflage bringt eine Änderung der Stoffanordnung, indem die Aufgaben im Stammkapitel eingegliedert und nach fortschreitender Schwere abgestuft sind. Neu aufgenommen sind Funkbeschickungsaufnahmen für die Praxis, Vergleichsberechnungen von Peilstrahlen und Betriebsverfahren.]

Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens 1935. Herausg.: Asociaţia Generală a Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică din România APDE (Verband der Erzeuger und Verteiler elektrischer Energie in Rumänien), Bucureşti. Mit 1 Plan, XVI u. 168 S. im Format A 4. Zu beziehen durch das Zentralbüro der APDE, B-dul Take Ionescu Nr. 33, Bucureşti, und durch die Sektion II der APDE, Str. Trei Stejari Nr. 1, Sibiu. Preis geb. 12,50 RM.

[Die Statistik bringt im 1. Teil die Spannungen und das Stromsystem der mit elektrischer Arbeit versorgten Ortschaften. Im 2. Teil sind die Daten von 205 öffentlichen Elektrizitätswerken und im 3. Teil wissenswerte Angaben von 316 Eigenanlagen angeführt. Der 4. Teil behandelt die elektrischen Straßenbahnen, während der 5. Teil Angaben über die Hochspannungs-Übertragungsleitungen enthält. Eine Übersichtskarte gibt Aufschluß über die Lage und Art der Antriebskraft der Elektrizitätswerke sowie über den Stand der Hochspannungs-Freileitungen.] Ths.

Welt-Rundfunk-Atlas. Berichte, Karten, Bilder von Ländern, Sendern und Hörern. Von K. Wagenführ. (Sonderband I der Telefunken-Buchreihe.) Mit zahlr. Abb. u. 96 S. im Format 260 × 210 mm. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1936. Preis geb. 3,80 RM.

[Der Band umfaßt in interessant und lehrreich zusammengestellter Art das Rundfunkwesen aller Länder der Welt, nach Erdteilen geordnet. Jedes Land ist gekennzeichnet durch charakteristische Bilder, eine geschichtliche Entwicklung des Rundfunks, Angaben über die Organisationsform, Namen der Sender, Wellenlänge, Leistung, Pausenzeichen und eine Karte, aus der man neben dem Standort der Sender ein geschlossenes Bild von den Zusammenhängen des Rundfunks mit den geographischen und wirtschaftlichen Verhältnissen des Landes erhält.]

Einführung in die technische Thermodynamik. Von Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt. Mit 182 Abb., 2 Tafeln, VIII u. 314 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geb. 15 RM.

Aufschaukelung und Dämpfung von Schwingungen. Von Prof. Dr.-Ing. O. Föppl. (2. Bd. zu „Grundzüge der Technischen Schwingungslehre".) Mit 72 Abb., VI u. 121 S. im Format A 5. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 6,90, geb. 8,40 RM.

Elektrotechnik und Witterung. Von Dr. U. Retzow. Mit 13 Abb., V u. 121 S. im Format A 5. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 6,60 RM.

Die Kurzwellen. Eine Einführung in das Wesen und in die Technik. Für den Rundfunkhörer und für den Amateur. Von Dipl.-Ing. F. W. Behn. Mit 107 Abb. u. 96 S. im Format A 5. Verlag der G. Franz'schen Buchdruckerei, G. Emil Mayer G. m. b. H., München. Preis kart. 1,90 RM.

[Der große Einfluß, den der Amateur auf die Entwicklung des Rundfunks ausgeübt hat, und die Tatsache, daß möglichst zahlreiche und bestens ausgebildete Amateure heute für jeden Staat bedeutungsvoll sein können, sollte jedem deutschen Elektrotechniker Ansporn sein, sich eindringlich mit diesem interessanten Gebiet zu beschäftigen. Das Büchlein von Behn bringt praktische Beispiele für Empfänger- und Senderschaltungen, Stromquellen, Antennen, Kontrollgeräte und behandelt den Amateurverkehr, wie er sich praktisch vollzieht. Die Beschreibung einer vollständigen Amateurstation bildet den Abschluß.]

Sonderdrucke.

Zur Beurteilung von Krafterzeugungs- und Kraftverteilungsbetrieben. Von Dipl.-Ing. F. Schraeder. (Sonderdruck aus „Prüfung kommunaler Betriebe", herausg. v. Dr. P. v. Aubel („Der Wirtschaftsprüfer" Heft 7). Verlag Julius Springer, Berlin.

Schutz gegen gefährliche Berührungs-Spannungen in elektrischen Niederspannungs-Installationen. Von Ziv.-Ing. W. Mayr. (Sonderdruck aus „Praktisches Wissen", Graz, 11. Jg., Heft 6.) Mit 17 Abb. u. 285 S. im Format 150 × 225 mm. Zu beziehen durch den Verfasser, Graz, Rechbauerstr. 42.

Eingegangene Doktordissertationen.

Arthur Gruber, Verfahren zur Darstellung des Stromwendungsvorganges in Kommutatormaschinen mit dem Glühkathoden-Oszillographen. T. H. Braunschweig 1936.

Walter Lampe, Untersuchungen über den Einfluß der Modulation mit veränderlichem Trägerwert auf die Empfangsgüte. T. H. Braunschweig 1935.

Werner Banck. Kalorimetrische Untersuchungen über den Zerreißversuch an Stählen. T. H. Aachen 1936.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Deutsche Gesellschaft für Mineralölforschung und Brennkrafttechnische Gesellschaft, Berlin. 5. bis 7. 11. (Do bis Sa), T. H. Berlin, Neuer Physikal. Hörsaal, Kurfürsten Allee: Wissenschaftliche Tagung mit 8 Vorträgen und Empfangsabend mit Damen in Krolls Festsälen. Auskunft erteilt die Geschäftsstelle: Mineralölforschung, Berlin NW 7, Dorotheenstraße 40. Fernruf: A 1 Jäger 0035.

Amt der Technik der NSDAP. (in Verbindung mit der Deutschen Arbeitsfront, dem NS-Bund Deutscher Technik, dem Technischen Ausschuß des Reichsbundes Deutscher Beamten, dem NSD-Studentenbund und den RTA-Vereinen). 30. 10. bis 1. 11. (Fr bis So): 2. Gautag der Technik in Hannover. Anmeldungen sind zu richten an das Gauamt für Technik, Hannover, Dincklagestr. 3.

Berichtigungen.

In dem Bericht „Neue Oberleitungsomnibusse und Bahnelektrisierungen in Italien" in Heft 39, S. 1118 muß es statt der dort genannten Stadt Leghorn, Livorno heißen.

Ein Druckfehler hat sich in dem Bericht über „Die schwedische Elektroindustrie im Jahre 1935" in Heft 43, S. 1250 eingeschlichen. In dem Absatz über der Zahlentafel 1 muß es heißen: Durch die verstärkte Werbetätigkeit konnte eine Umsatzerhöhung erreicht werden.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 23. Oktober 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 5. November 1936** **Heft 45**

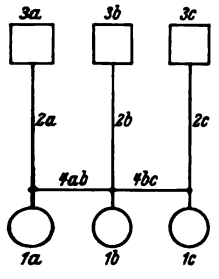
Starre und nachgiebige Netzkupplung.

Von W. Seiz VDE, Danzig.

621. 316. 13. 016. 32

Übersicht. Als Einführung zu den folgenden Aufsätzen des Heftes werden die technischen Gesetze behandelt, die bei der Kupplung von Kraftübertragungsnetzen deren Austauschleistung bestimmen. Die Begriffe der starren und nachgiebigen Kupplung werden erläutert. Für Netze gleicher und verschiedener Nennfrequenz werden kurz die grundsätzlichen Richtlinien behandelt, nach denen beide Formen der Kupplung erreicht werden können.

Kraftwerke werden gekuppelt, um einen Leistungsaustausch zwischen ihnen zu ermöglichen, der besonders im Störungsfall wichtig, aber auch im normalen Betrieb oft zweckmäßig ist. Im folgenden sollen nicht die Vorteile der Netzkupplung behandelt werden, wie z. B. die Verkleinerung der Belastungsschwankungen und die zweckmäßigere Ausnutzung der im Gesamtnetz zur Verfügung stehenden Antriebsenergie, sondern ihre technischen Gesetze. Zur Kupplung von Netzen gleicher Frequenz genügt eine Fernleitung, die zwei Punkte der vorher getrennten Anlagen unmittelbar oder über Transformatoren verbindet. Ein einfaches Beispiel für drei Kraftübertragungsanlagen *a*, *b*, *c* zeigt Abb. 1. Offenbar kann dieses Bild



1 Kraftwerke
2 Übertragungsleitungen
3 Abnehmer
4 Kupplungsleitungen

Abb. 1. Starre Kupplung von drei Netzen *a*, *b* und *c*.

aber auch als Darstellung einer einzelnen Anlage aufgefaßt werden, wobei dann *1* deren parallel arbeitende Generatoren, *4* die Sammelschienen, *2* die zu den Abnehmern *3* des Netzes führenden Fernleitungen bedeuten. In elektrischer Hinsicht besteht also kein grundsätzlicher Unterschied zwischen der Parallelarbeit mehrerer Generatoren eines Kraftwerkes über gemeinsame Sammelschienen und der Kupplung mehrerer Kraftwerke über Kupplungsleitungen. Während allerdings der Widerstand der Leitungen zwischen Generator und Sammelschienen und der Widerstand der Sammelschienen selbst oft verschwindend klein ist, können bei der Netzkupplung sowohl die Leitung zwischen Kraftwerk und Abzweigstelle der Kupplungsleitung als auch diese selbst erheblichen Widerstand haben.

Trotz dieses Unterschiedes in der Größe der Widerstände gelten auch für die Zusammenarbeit mehrerer gekuppelter Kraftwerke die bekannten Gesetze, welche die Parallelarbeit von Synchrongeneratoren regeln. Wird von den Vorgängen bei schnellen Belastungsänderungen und von den Verlusten abgesehen, so muß — wie für jeden einzelnen Generator — auch für jedes Kraftwerk die durch die Antriebsmaschinen zugeführte mechanische Leistung N_A gleich der erzeugten elektrischen Leistung sein. Also muß auch in dem durch die Kupplung entstandenen Gesamtnetz die Summe der Antriebsleistungen gleich der gesamten elektrischen Leistung sein und diese wieder in jedem Augenblick gleich dem Leistungsverbrauch $N_a + N_b + N_c$ der einzelnen Netze, der durch die Summe der gerade Strom beziehenden Abnehmer festgelegt ist.

$$N_{Aa} + N_{Ab} + N_{Ac} = N_a + N_b + N_c = N. \qquad (1)$$

Ferner muß der gleichen Frequenz wegen für alle Synchrongeneratoren das Produkt aus Polzahl und Drehzahl gleichen Wert haben. Schließlich besteht für jede Antriebsmaschine ein bestimmter Zusammenhang zwischen Drehzahl und Leistungserzeugung, und diejenige Drehzahl und Frequenz stellen sich im Gesamtnetz ein, für die Gl. (1) erfüllt ist. Da die in den Kraftwerken zu erzeugende Leistung durch die Abnehmer vorgeschrieben wird, bleibt den Kraftwerken also die Aufgabe, durch Regelung des Zusammenhangs zwischen Drehzahl und Leistungserzeugung für die Einhaltung der richtigen Frequenz zu sorgen.

Wenn nun (Abb. 1) in einem bestimmten Augenblick sowohl die im Kraftwerk *1 a* erzeugte Leistung wie auch die in *3 a* verbrauchte Leistung gegeben sind, ist damit auch die Leistung N_{ab} festgelegt, die über die Leitung *4* an das Netz *b* abgegeben wird:

$$N_{ab} = N_{Aa} - N_a. \qquad (2)$$

Ergibt die Gleichung negativen Wert für N_{ab}, so bedeutet dies Leistungsübertragung von *b* nach *a*. Entsprechend gilt

$$N_{bc} = N_{Ab} - N_b + N_{ab} \qquad (3a)$$

$$= N_c - N_{Ac}. \qquad (3b)$$

Die Gleichungen gelten unabhängig vom Wert des Scheinwiderstandes der Verbindungsleitungen *4*. Wenn allerdings deren Wirkwiderstand nicht mehr zu vernachlässigen ist, ist die vom Netz *a* an die Kupplungsleitung abgegebene Leistung nicht mehr gleich der von *b* aufgenommenen Leistung. Wenn eine weitere Kupplungsleitung von *a* unmittelbar nach *c* führt, gelten etwas verwickeltere Beziehungen, auf die nicht eingegangen wird. Die gesamte zu erzeugende, durch die Abnehmer vorgeschriebene Leistung N kann nach Anordnung der Betriebsleitung auf die einzelnen Kraftwerke unterteilt werden. Bei einer Änderung der Unterteilung des Leistungsverbrauchs auf die Netze *a* bis *c* scheint, wenn der Gesamtwert N konstant bleibt, zunächst kein Anlaß, auch die Unterteilung der Leistungserzeugung in den Kraftwerken zu ändern. Wenn nun bei konstanter Gesamtleistung auch die Leistungserzeugung in *1 a* bis *1 c* konstant gehalten wird, das

Digitized by Google

Schwergewicht des Verbrauchs sich aber etwa von a nach c verschiebt, müssen sich nach Gl. (2) und (3) auch die über die Leitungen 4 übertragenen Leistungen ändern. Wird Abb. 1 wieder als Darstellung der verschiedenen Maschinen eines Kraftwerkes aufgefaßt, wobei die angegebenen Gleichungen sinngemäß gelten, so ist diese Änderung der in den einzelnen Abschnitten der Sammelschienen fließenden Leistungen meist bedeutungslos. Beim Zusammenschluß von räumlich entfernten Kraftwerken ist dagegen die Größe der durch die Kupplungsleitungen übertragenen Leistungen aus den nachstehend behandelten Gründen wichtig. Es zeigt sich hier also doch ein erheblicher Unterschied zwischen der Parallelarbeit innerhalb eines Kraftwerkes und der von verschiedenen Kraftwerken.

Bekanntlich kann jede Wechselstromleitung gegebener Anordnung, Länge und Betriebsspannung nur einen bestimmten Höchstwert an Leistung übertragen. Wenn etwa die Unterteilung der Gesamtlast auf die Gruppen $3a$ bis $3c$ so stark schwankt, daß die durch Gl. (2) festgelegte, durch die Leitung 4_{ab} zu übertragende Austauschleistung den für die Leitung zulässigen Grenzwert überschreitet, so können die Netze a und b nicht mehr mit der gleichen Frequenz arbeiten. Sie fallen trotz der Kupplung außer Tritt; das Kupplungsband reißt, wobei dann jedes der Netze für das andere einen Kurzschluß darstellt. Die Gefahr, daß es dazu kommt, ist naturgemäß um so größer, je kleiner die für die Kupplungsleitung zulässige Höchstleistung und je größer die Gesamtleistung der Netze ist, weil mit dieser gewöhnlich auch die Größe der Leistungsschwankungen wächst. Auch die Verluste in den Kupplungsleitungen können bei zu großer Austauschleistung unzulässig hoch werden. Vor allem aber können, wenn sich bei geänderter Verteilung der Gesamtlast auf die einzelnen Netze Richtung und Größe der Leistungsübertragung in den Kupplungsleitungen in einer von den Verbrauchern abhängigen Weise ändern, die wirtschaftlichen Vorteile der Kupplung nicht voll ausgenutzt werden. Dies wird erst möglich, wenn die Betriebsleitung jederzeit die Größe der Austauschleistung festlegen kann. Es kann z. B. erwünscht sein, daß diese Leistung nach einem bestimmten, vorher festgelegten Plan sich mit der Zeit ändert oder auch konstant bleibt.

Wie dies zu erreichen ist, zeigen wieder die Gleichungen (2) und (3). Wenn jedes Kraftwerk die Antriebsleistung einstellt, die als Überschuß oder Fehlbetrag gegenüber dem Verbrauch des eigenen Netzes gerade die verlangte Austauschleistung ergibt, muß diese den richtigen Wert haben. Gleichzeitig ist damit auch Gl. (1) erfüllt. Dabei ist aber wieder die richtige Frequenz einzuhalten. Es ist nun praktisch nicht möglich, daß jedes Kraftwerk zugleich die vorgeschriebene Austauschleistung und die für alle gemeinsame Frequenz richtig einzustellen sucht. Denn wenn etwa bei zu niederer Frequenz alle Kraftwerke die Drehzahlen ihrer Antriebsmaschinen etwas höher regeln, können sie dadurch leicht die vorher richtige Leistungsverteilung falsch beeinflussen, so daß sofort eine Neuregelung notwendig ist, die nun ihrerseits wieder die Frequenz beeinflußt.

Bei einer Anordnung nach Abb. 1 beachten vielmehr zweckmäßig zwei Kraftwerke, etwa a und b, die Frequenz überhaupt nicht. Kraftwerk a stellt nur seine Antriebsleistung nach Gl. (2) so ein, daß die Austauschleistung N_{ab} richtig ist. Wenn die Leitung 4_{ab} nicht im Kraftwerk selbst in das Netz a einmündet, ist die Feststellung, ob die Leistung N_{ab} richtig ist, natürlich nur durch Fernmessung möglich. Kraftwerk b stellt nach Gl. (3a) seine Antriebsleistung so ein, daß die Austauschleistung N_{bc} stimmt. Dem Kraftwerk c wird also schon ohne eigenes Zutun die richtige Austauschleistung zugeführt oder abgenommen. Seine Antriebsmaschinen laufen unabhängig von jedem Eingriff der Bedienung mit der Drehzahl, bei der Gl. (3b) und damit auch Gl. (1) erfüllt sind. Aufgabe des Kraftwerkes c ist es dafür zu sorgen, daß diese Drehzahl den durch die Frequenz vorgeschriebenen Wert hat, was durch Einstellung der Drehzahlregler geschieht. Wenn Kraftwerk c etwa seine Leistungserzeugung durch Beeinflussung der Antriebsregler zu steigern sucht, so hat dies nur zur Folge, daß Drehzahl und Frequenz so lange steigen, bis infolge dieser Steigerung die Antriebsleistung wieder auf den durch Gl. (1) und (3b) vorgeschriebenen Wert gesunken ist. Da sich alle Generatoren des Gesamtnetzes gegenseitig auf gleicher Frequenz halten, solange die Austauschleistung nicht unzulässig groß wird, machen die anderen Kraftwerke diese Frequenzsteigerung mit und haben nur dafür zu sorgen, daß dabei ihre Antriebsleistung richtig bleibt. Frequenzregelung in einem Kraftwerk und Leistungsregelung in den anderen Kraftwerken können selbsttätig erfolgen. Der geschilderten Betriebsform entspricht im einzelnen selbständigen Kraftwerk die Unterteilung der Maschinen in Grundlast fahrende und in Frequenz haltende Maschinen.

Wenn der vorgeschriebene Wert der Austauschleistung nur durch Regelung in den Kraftwerken eingestellt werden kann, und wenn dabei das Frequenzverhältnis der gekuppelten Netze einen streng konstanten Wert (im behandelten Beispiel gleich 1) hat, spricht man von starrer Kupplung. Sie wird zwischen Netzen gleicher Frequenz oft durchgeführt, verlangt aber gute Zusammenarbeit und gute Nachrichtenübermittlung zwischen den Bedienungen der Kraftwerke. Einfacher wäre der Betrieb durchzuführen, wenn die Kupplungsleitungen selbsttätig dafür sorgen würden, daß in ihnen die verlangte Austauschleistung fließt. Dies kann tatsächlich erreicht werden. Dabei sind, wie sich zeigen läßt, grundsätzlich nur Anordnungen möglich, bei denen die Bedingung eines streng konstanten Frequenzverhältnisses der gekuppelten Netze wegfällt. Die Frequenz jedes Netzes kann vielmehr unabhängig von der der anderen Netze in gewissen Grenzen betriebsmäßig schwanken, was ein weiterer Vorteil dieser Kupplungsart ist. Man bezeichnet sie als nachgiebige (gleitende, elastische) Kupplung.

Die Gleichungen (1) bis (3) müssen dabei wieder erfüllt sein. Wenn aber ein Kraftwerk seine Antriebsleistung bei unverändertem Verbrauch seines Netzes steigert, so ist dies bei nachgiebiger Kupplung und auf konstanten Wert eingestellter Austauschleistung ohne Einfluß auf die Frequenz der Nachbarnetze. Die Steigerung der Antriebsleistung des einen Netzes hat nur zur Folge, daß die Frequenz dieses Netzes allein so lange steigt, bis die damit verbundene Senkung der Antriebsleistung das Leistungsgleichgewicht im Netz wieder herstellt. Jedes Kraftwerk hat also für die Frequenzhaltung im eigenen Netz selbst zu sorgen. Für ein Netz, das über die Kupplungsleitung eine bestimmte Leistung in das Nachbarnetz überträgt, ist die nachgiebige Kupplung gleichwertig mit dem Anschluß eines weiteren Verbrauchers, der sich verpflichtet, genau die festgelegte Austauschleistung zu beziehen. Für das belieferte Netz bedeutet die Kupplung den Anschluß eines weiteren Generators, dessen Antriebsleistung genau gleich wie die Austauschleistung geregelt wird. Durch Regelung in der Kupplungsleitung können die Rollen von lieferndem und beliefertem Netz getauscht werden.

Wenn in zwei nachgiebig gekuppelten Netzen a und b die Frequenz trotz gleichen Nennwertes etwas verschiedene Werte f_a und f_b hat, werden die Sternspannungen U_a, V_a, W_a am Anfang und die Spannungen U_b, V_b, W_b am Ende der Kupplungsleitung durch das Diagramm Abb. 2 festgelegt. Die Augenblickswerte der Spannungen a ergeben sich durch Projektion der drei festliegenden Zeiger U_a, V_a, W_a auf die mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_a = 2\pi f_a$ sich drehende Zeitlinie Z. Die Augenblickswerte der Spannungen b ergeben sich durch Projektion der drei Zeiger U_b, V_b, W_b auf die gleiche Zeitlinie, wobei diese Zeiger aber nicht festliegen, sondern sich selbst mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_a - \omega_b = 2\pi (f_a - f_b)$$

drehen. Die Drehung erfolgt im Drehsinn der Zeitlinie, wenn $f_a > f_b$ ist, sonst im entgegengesetzten Sinne. Bei

Digitized by Google

sehr kleinem Unterschied $f_a - f_b$ kann Abb. 2 auch aufgefaßt werden als Darstellung von zwei Dreiphasenspannungen gleicher Frequenz, deren Phasenverschiebungswinkel α sich mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit $\omega_a - \omega_b$ dauernd ändert, so daß die beiden Spannungssterne alle möglichen gegenseitigen Lagen nacheinander einnehmen.

Für starre Kupplung (Abb. 1; $f_a = f_b$) ist der Winkel α bei konstanter Austauschleistung konstant; beide Sterne stehen still. Die Phasenverschiebung zwischen den Spannungen am Anfang und Ende der Kupplungsleitung hängt dabei ja nur von dem Spannungsabfall ab, den der konstante Strom in der Kupplungsleitung hervorruft. Wachsender Leistungsüberschuß eines Netzes dreht den Spannungsstern dieses Netzes gegen den anderen, bis der Winkel α und damit auch die Austauschleistung auf den entsprechenden Wert gestiegen ist. α darf allerdings einen bestimmten Grenzwert nicht übersteigen, da sonst, wie schon erwähnt, die Kupplung zwischen den Netzen reißt.

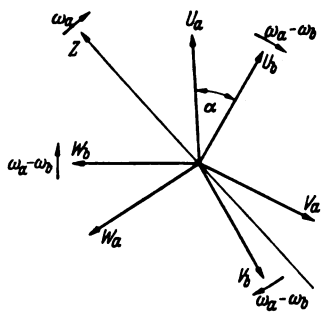
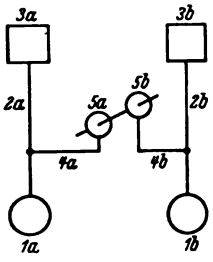


Abb. 2. Spannungsdiagramm für zwei Dreiphasenspannungen verschiedener Frequenz.

Zur Untersuchung, wie eine nachgiebige Kupplung zwischen zwei Netzen a und b ermöglicht werden kann, denken wir uns die Kupplungsleitung zwischen ihnen aufgeschnitten und an die freien Enden nach Abb. 3 die Ankerklemmen von zwei gleichen, starr miteinander gekuppelten Synchronmaschinen angeschlossen. Es ist zwar leicht zu übersehen, daß dabei die Frequenz der beiden Netze stets genau gleich sein muß, weil ja die beiden Synchronmaschinen gleiche Drehzahl und Polzahl haben. Im Hinblick auf das folgende soll aber doch die Arbeitsweise der Schaltung Abb. 3 genauer untersucht werden. Wenn die Kupplungsleitung Leistung von einem Netz in das andere überträgt, muß die eine der beiden Synchronmaschinen als Motor und die andere als Generator arbeiten. Nun hängt bekanntlich die elektrische Leistung jeder Synchronmaschine von dem Phasenverschiebungswinkel ab, den ihre Klemmenspannung mit der vom Gleichstromfeld des Polrades induzierten EMK bildet. Er wird durch den Spannungsabfall in der Ankerwicklung verursacht. Von den Vorgängen bei einer Belastungsänderung abgesehen, ist anderseits die elektrische Leistung gleich der mechanischen, so daß sich diese und der genannte Winkel gegenseitig bedingen. Der Sinn der Phasenverschiebung ist bei motorischem Betrieb entgegengesetzt dem bei generatorischem Betrieb. Haben bei der Schaltung nach Abb. 3 infolge entsprechender Kupplung die Polräder der beiden Maschinen genau gleiche Lage[1]), so sind auch die vom Polradfeld beider Maschinen in entsprechenden Strängen der beiden Ankerwicklungen induzierten elektromotorischen Kräfte miteinander in Phase. Die Klemmenspannungen der beiden Maschinen sind also um einen Winkel phasenverschoben, der gleich der Summe der beiden Winkel zwischen Klemmenspannung und Polrad-EMK ist. Die Phasenverschiebung zwischen den Spannungen am Anfang und Ende der Kupplungsleitung ist gleich der Summe aus der durch die Kupplungsleitung und aus der durch die Maschinen selbst verursachten Phasenverschiebung, sie ist bei konstanter Austauschleistung wieder konstant. Bei einer Leistungsänderung ändert sie zwar ihren Wert, kann aber nur in engen Grenzen schwanken. Eine dauernde Änderung des Winkels α (Abb. 2) und damit eine dauernde gegenseitige Verschiebung der beiden Spannungssterne ist nicht möglich. Es gilt also das gleiche wie bei der Schaltung nach Abb. 1, eine Regelung der Austauschleistung durch den in die Kupplungsleitung eingeschalteten Umformer ist nicht möglich[2]). Dieser Umformer vergrößert aber den Winkel α für gegebene Austauschleistung, er erhöht also auch die Gefahr des Außertrittfallens der Netze[3]), kann aber die Kupplung nicht zu einer nachgiebigen machen.



1 ... 4 wie bei Abb. 1
5 synchrone bzw. asynchrone Maschinen

Abb. 3. Kupplung zwischen zwei Netzen a und b über rotierende Umformer.

Wird die bisher als fest angenommene mechanische Kupplung zwischen den Synchronmaschinen 5 durch eine Anordnung ersetzt, die eine dauernde gegenseitige Verschiebung der beiden Polräder zuläßt, so ändern sich die Verhältnisse grundlegend. Denn jetzt ist der Winkel zwischen den Spannungen U_a und U_b am Anfang und Ende der Kupplungsleitung gleich der Summe der schon oben behandelten Winkel, die bei konstanter Austauschleistung konstant ist, vermehrt oder vermindert um den Winkel, um den sich das eine Polrad gegenüber dem anderen verschoben hat. Wenn diese Verschiebung mit konstanter Geschwindigkeit und stets im gleichen Sinne erfolgt, ändert sich also auch der Winkel α zwischen den Spannungen U_a und U_b dauernd und mit konstanter Geschwindigkeit, die Spannungen U_a und U_b haben verschiedene Frequenz. Für einen gegebenen Unterschied der Frequenzwerte müssen sich die Polräder mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\frac{2\pi (f_a - f_b)}{p}$$

gegeneinander bewegen, wobei p ihre Polpaarzahl ist. Eine Übertragung elektrischer Leistung vom einen Netz in das andere über den Umformer ist aber dabei nur möglich, wenn trotz der dauernden gegenseitigen Verschiebung der Polräder mechanische Leistung vom einen Polrad auf das andere übertragen, das eine Polrad also abgebremst und das andere angetrieben wird. Ohne diesen Antrieb würden sich die beiden Polräder in jedem Augenblick so einstellen, daß die Winkel zwischen ihrer Polrad-EMK und den Spannungen am Anfang und Ende der Kupplungsleitung und damit auch die Austauschleistung dauernd Null sind. Wenn aber an der Welle eine mechanische Leistung wirkt, zwingt sie beide Polräder, solche Stellungen einzunehmen, daß auch die entsprechenden elektrischen Leistungen erzeugt oder aus dem Netz aufgenommen werden. Durch Regelung der mechanischen Leistungsübertragung zwischen den Maschinen kann also auch die Austauschleistung zwischen den Netzen trotz schwankender Frequenz geregelt werden, die Kupplung ist nachgiebig geworden. Die gestellten Anforderungen an die mechanische Kupplung zwischen den beiden Maschinen sind nicht leicht zu erfüllen; die Anordnung ist zwar grundsätzlich leicht zu überblicken, wird aber praktisch nicht ausgeführt. Das gleiche gilt für eine ähnliche Lösung, bei der der Anker der einen Maschine nicht wie der der anderen stillsteht, sondern mit einem der zu übertragenden Leistung entsprechenden Drehmoment in der einen oder anderen Richtung mit der Drehzahl $\frac{f_a - f_b}{p}$ angetrieben wird. Dagegen wird eine dritte Lösung häufig ausgeführt, bei der das Polradfeld der einen Maschine (etwa 5 b in Abb. 3) nicht

[1]) Die Annahme wird nur des leichteren Verständnisses wegen gemacht, sie muß nicht erfüllt sein.

[2]) Die Regelung des Erregerstromes der Maschinen beeinflußt bei konstanter Netzspannung bekanntlich nur die Blindleistung, nicht aber die Wirkleistung.

[3]) Als „Spannungsstützpunkt" kann er auch günstig wirken.

Digitized by Google

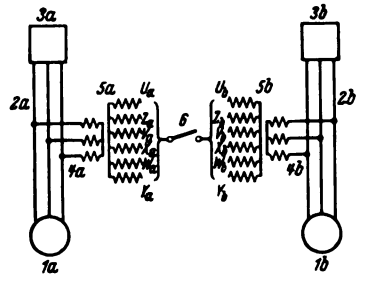
gegenüber dem Polrad stillsteht, wie es bei der Gleichstromerregung der Synchronmaschine der Fall ist, sondern infolge Erregung mit Drehstrom kleiner Frequenz sich gegenüber dem Polrad langsam bewegt. Dabei arbeitet aber die Maschine *5 b* überhaupt nicht mehr als Synchronmaschine, sondern als Asynchronmaschine und wird deshalb auch stets durch eine Asynchronmaschine üblicher Bauart und gleicher Polzahl ersetzt.

Die Maschine *5 a* muß dabei wieder synchron mit ihrem Netz laufen, also die Drehzahl $n = f_a/p$ annehmen, mit der demnach auch die Asynchronmaschine arbeiten muß. Die Frequenz f_b des zweiten Netzes legt die synchrone Drehzahl der Asynchronmaschine $n_0 = f_b/p$ fest. Da nun die belastete Asynchronmaschine nicht mit ihrer synchronen Drehzahl n_0 läuft, darf die Frequenz f_b in gewissen Grenzen schwanken, das eine Kennzeichen der nachgiebigen Kupplung ist erfüllt. Durch die Frequenz f_b wird die Schlüpfung s der Asynchronmaschine festgelegt zu

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{f_b - f_a}{f_b} = 1 - \frac{f_a}{f_b} . \qquad (4)$$

Während nun bei der Synchronmaschine, die ja überhaupt nur mit einer Drehzahl arbeiten kann, kein Zusammenhang zwischen Drehzahl und Leistung besteht, wird die Leistung der Asynchronmaschine durch ihre Schlüpfung bestimmt. Wenn die nach Gl. (4) durch die Frequenzwerte festgelegte Schlüpfung größer als Null ist, wenn also $f_b > f_a$ ist, arbeitet die Asynchronmaschine als Motor, nimmt aus dem Netz *b* eine nur vom Frequenzverhältnis f_a/f_b abhängige Leistung auf und wandelt sie in mechanische Leistung um, die sie an die Synchronmaschine *5 a* weitergibt. In dieser Maschine, die dabei als Generator arbeitet, wird die mechanische Leistung in elektrische umgeformt und an das Netz *a* weitergegeben. Ist $f_b < f_a$, ist also die Schlüpfung negativ, so arbeitet die Asynchronmaschine als Generator, zwingt dadurch die Synchronmaschine, die sie abbremst, eine wieder vom Frequenzverhältnis der Netze abhängige Leistung aus dem Netz *a* zur Aufrechterhaltung der Drehzahl aufzunehmen, die nach *b* geliefert wird. Die Größe der Leistung hängt also vom Frequenzverhältnis f_a/f_b, die Richtung der Leistungsübertragung vom Vorzeichen der Differenz $f_b - f_a$ ab. Hat der Quotient f_a/f_b den Wert 1, läuft die Asynchronmaschine synchron mit dem Netz *b*, ihre Leistung und die Austauschleistung sind Null. Die Forderung der nachgiebigen Kupplung, daß die Austauschleistung am Umformer selbst nach Belieben eingestellt werden kann, ist also dabei noch nicht erfüllt. Da immerhin das Frequenzverhältnis der Netze dabei schwanken kann, liegen die Betriebseigenschaften dieser Lösung zwischen denen der starren und der nachgiebigen Kupplung.

Nun kann bekanntlich die motorische oder generatorische Leistungsabgabe der Asynchronmaschine bei gegebener Schlüpfung dadurch verkleinert werden, daß der Widerstand des Läuferkreises durch Vorschalten eines zusätzlichen Widerstandes vergrößert wird. Eine Leistungsvergrößerung gegenüber dem durch den Läuferwiderstand selbst festgelegten Grenzwert ist (wenigstens in dem praktisch in Frage kommenden Bereich der Schlüpfung) nicht möglich. Durch diese Widerstandsregelung kann also bei größerem Wert von $1 - \frac{f_a}{f_b}$ jede verlangte Leistung der Asynchronmaschine und damit des Umformers eingestellt werden. Unabhängig vom Widerstandswert geht aber die Leistung gegen Null zurück, wenn das Frequenzverhältnis sich dem Wert 1 nähert. Die Richtung der Leistungsübertragung hängt wieder nur vom Vorzeichen der Differenz $f_b - f_a$ ab, da auch bei Widerstandsregelung die Asynchronmaschine untersynchron immer als Motor, übersynchron als Generator arbeitet. Die Richtung der Leistungsübertragung kann also nur durch entsprechende Regelung in den Kraftwerken beeinflußt werden, ihre Größe ist in gewissen Grenzen durch den Umformer selbst regelbar. Diese Arbeitsweise, die sich der nachgiebigen Kupplung noch mehr als die vorhergehende nähert, entspricht manchmal den Anforderungen des Betriebes; beliebige Regelbarkeit von Richtung und Größe der Austauschleistung ergibt sie noch nicht.



1 ··· *4* wie bei Abb. 1
5 Transformatoren zur Erhöhung der Phasenzahl
6 Gruppe von Schaltern

Abb. 4. Nachgiebige Kupplung zwischen zwei Netzen *a* und *b* über eine dauernd betätigte Gruppe von Schaltern.

Diese wird erst erreicht, wenn der Zusatzwiderstand durch eine geeignete Kommutator-Hintermaschine ersetzt wird. Durch entsprechende Regelung der EMK, die diese Maschine in den Läuferkreis der Asynchronmaschine einführt, kann bei jeder Schlüpfung, also auch bei beliebigen Frequenzwerten der beiden Netze, jede motorische und jede generatorische Leistung der Asynchronmaschine (innerhalb ihrer Leistungsfähigkeit) erzwungen werden. Da die Leistung der Asynchronmaschine wieder die Richtung und die Größe des Leistungsaustausches zwischen den Netzen festlegt, ist also auch dieser frei regelbar und die Kupplung nachgiebig[4]).

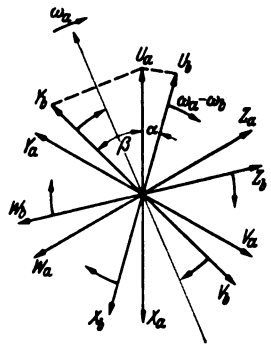


Abb. 5. Spannungsdiagramm für zwei Sechsphasenspannungen verschiedener Frequenz.

Nachgiebige Kupplung kann aber auch auf einem ganz anderen Wege erreicht werden. Dabei wird an Stelle der Maschinen an die durch das Aufschneiden der Kupplungsleitung entstandenen Enden nach Abb. 4 je ein Transformator angeschlossen, der die Dreiphasenspannung des Netzes in eine Sechs- oder Zwölfphasenspannung umformt. Die dadurch entstehenden Spannungssterne für den Fall der Sechsphasenschaltung zeigt Abb. 5. Sind die Frequenzen der beiden Netze nicht streng gleich, so muß wieder bei ruhendem Spannungsstern $U_a, Z_a, V_a, \cdots Y_a$ des einen Transformators der Spannungsstern $U_b \cdots Y_b$ des anderen Transformators sich mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_a - \omega_b$ drehen. Zwischen der Klemme U_a einerseits und den Klemmen U_b und Y_b anderseits bestehen Wechselspannungen, deren Höchstwert sich dauernd ändert. Ihr Augenblickswert wird durch die Projektion der dauernd wechselnden, gestrichelten Strecken $U_a\,U_b$ und $U_a\,Y_b$ auf die Zeitlinie festgelegt. Eine dauernde Verbindung zwischen diesen Klemmen ist unzulässig, weil dabei entsprechend der durch die Verbindung überbrückten Spannung ein sehr hoher Strom der Schwebungsfrequenz $f_a - f_b$ fließen würde. Während der kurzen Zeit, während deren der Winkel α zwischen den Zeigern U_a und U_b klein, etwa $< \pm 30°$ ist, ist aber die zwischen den Klemmen U_a und U_b und ebenso die zwischen Z_a und Z_b usw. bestehende Spannung klein; auch bei Verbindung dieser Punkte fließt nur ein kleiner Strom, während der genannten Zeit ist also die Verbindung zulässig. Wenn der Winkel α bei der Drehung des Sternes *b* den angegebenen Grenzwert überschreitet, unterschreitet dafür der Winkel β (bei Rechtsdrehung des Sternes *b*) den gleichen Grenzwert; jetzt ist also die Spannung zwischen den Klemmen U_a und Y_b und ebenso die zwischen Z_a und U_b usw. klein, jetzt dürfen also diese Klemmen verbunden werden. Auch wenn f_b von f_a ver-

[4]) Näheres über diese Lösung auf S. 1291 dieses Heftes.

Digitized by Google

schieden ist, ist also eine leitende Verbindung zwischen den Netzen möglich, nur dürfen nicht dauernd die gleichen Klemmen verbunden werden, wie es bei Frequenzgleichheit der Fall ist. Durch entsprechende Umschaltung muß vielmehr die Verbindung zwischen den einzelnen Klemmen dauernd geändert werden, so daß auch die durch die Verbindung überbrückte Spannung dauernd klein bleibt. Je größer die Phasenzahl der Transformatoren ist, desto kleiner ist die Schwankung der während der Zeit zwischen 2 Umschaltungen überbrückten Spannung. Diese Zeit ist dem Frequenzunterschied $f_a - f_b$ umgekehrt proportional. Wird diese Zeit fest eingestellt, so ist dadurch auch der Frequenzunterschied festgelegt; wenn sie umgekehrt dem Frequenzunterschied angepaßt wird, kann dieser Unterschied und damit auch das Frequenzverhältnis wechselnden Wert haben. Da der nach Herstellung jeder Verbindung vom einen in das andere Netz fließende Strom von der Größe der Spannung abhängt, die bei fehlender Verbindung zwischen den entsprechenden Klemmen bestehen würde, kann durch Wahl des Zeitpunktes der einzelnen Umschaltungen, deren zeitlicher Abstand durch den Frequenzunterschied festgelegt ist, der Austauschstrom und damit auch Größe und Richtung der Austauschleistung geregelt werden, so daß also wieder beide Forderungen der nachgiebigen Kupplung erfüllt sind. Praktisch wird allerdings nicht durch mechanische Schalter, sondern durch gesteuerte Gleichrichter umgeschaltet, die ja als Schalter wirken.

Die nachgiebige Kupplung von Netzen gleicher Frequenz ist stets wesentlich teurer als die auch mögliche starre Kupplung über eine Verbindungsleitung. Sie wurde deshalb bisher kaum ausgeführt; es ist aber möglich, daß sie ihrer Vorteile wegen in Zukunft doch häufiger benutzt wird. Auf jeden Fall wird zweckmäßig der Unterschied zwischen starrer und nachgiebiger Kupplung für Netze gleicher Nennfrequenz näher untersucht, weil die Verhältnisse dabei grundsätzlich ähnlich, aber doch leichter zu überblicken sind wie bei der jetzt zu betrachtenden Kupplung von Netzen verschiedener Nennfrequenz. Das wichtigste Beispiel für diese ist die Kupplung eines Dreiphasennetzes (a) der Frequenz 50 Hz mit dem Einphasen-Bahnnetz (b) der Frequenz 16⅔. Bei einer Darstellung der Spannungssterne entsprechend Abb. 2 und 5 dreht sich dabei der Stern b mit ⅜ der Geschwindigkeit der Zeitlinie. Infolge der verschiedenen Frequenz ist eine feste leitende Verbindung zwischen den Netzen unzulässig. Dagegen ist die Kupplung über einen synchronen Umformer nach Abb. 3 möglich, wenn entweder bei gleicher Polzahl der beiden Maschinen die mechanische Leistungsübertragung zwischen ihnen durch ein Zahnradgetriebe mit der Übersetzung 3 : 1 erfolgt, oder wenn bei starrer Verbindung die an das Netz dreifacher Frequenz angeschlossene Maschine die dreifache Polzahl wie die andere erhält. In beiden Fällen ist aber das Frequenzverhältnis 3 : 1 starr festgelegt; betriebsmäßige Schwankungen dieses Wertes können nicht auftreten. Eine Regelung der Austauschleistung durch die Synchronmaschinen des Umformers ist unmöglich. Die Austauschleistung der Netze kann nur durch die Kraftwerke eingestellt werden. Bei gegebenem Quotient $f_a/f_b = 3$ hängt der Wert von f_a und f_b selbst von der gesamten Leistungserzeugung und vom Verbrauch beider Netze ab. Bei einer Vergrößerung des Leistungsüberschusses des einen Netzes sucht zunächst der Spannungsstern dieses Netzes vorzueilen; dadurch wird der (dauernd veränderliche) Winkel zwischen den Klemmenspannungen der beiden Maschinen des Umformers zusätzlich beeinflußt, die Austauschleistung steigt, die Frequenz des anderen Netzes wird mit hochgezogen, bis die dadurch verursachte Verkleinerung aller Antriebsleistungen wieder Gleichheit zwischen Erzeugung und Verbrauch schafft. Die Kupplung ist also wieder starr, genau wie bei Verwendung von Synchronmaschinen gleicher Drehzahl und Polzahl. Wird dagegen in Abb. 3 bei gleicher Drehzahl der Maschinen etwa die Maschine $5a$ durch eine Asynchronmaschine der Polpaarzahl p_a ersetzt, so schreibt das Netz a nur deren synchrone Drehzahl $n_0 = f_a/p_a$ vor. Ihre wirkliche Drehzahl n ist durch die der Synchronmaschine $5b$ festgelegt zu $n = f_b/p_b$. Die Schlüpfung der Asynchronmaschine ist

$$s = 1 - \frac{n}{n_0} = 1 - \frac{f_b\, p_a}{f_a\, p_b}. \qquad (5)$$

Sie hängt wieder nur vom Frequenzverhältnis ab und kann wechselnden Wert annehmen, das Frequenzverhältnis kann also gegenüber dem Nennwert schwanken. Um möglichst kleine Schlüpfung zu erreichen, wählt man das Verhältnis der Polzahlen p_a/p_b gleich dem Quotienten der Nennfrequenzen f_{an}/f_{bn}. Das Vorzeichen der Schlüpfung der Asynchronmaschine bestimmt wieder ihre Arbeitsweise als Motor oder als Generator, die Größe der Schlüpfung bestimmt die Leistung, die an die Synchronmaschine weitergegeben oder von ihr aufgenommen wird, also die Austauschleistung der Netze. Durch Widerstände im Läuferkreis kann wieder die Größe, durch eine Kommutator-Hintermaschine Richtung und Größe der Leistungsübertragung unabhängig von der Schlüpfung, also unabhängig von den Frequenzwerten geregelt, die Kupplung also nachgiebig gemacht werden.

Auch für die Kupplung durch gesteuerte Gleichrichter gilt bei Netzen verschiedener Nennfrequenz grundsätzlich ähnliches wie bei gleicher Nennfrequenz, sie kann starr oder nachgiebig sein. Da bei Netzen verschiedener Nennfrequenz auch die starre Kupplung schon die Verwendung von umlaufenden Umformern oder von Gleichrichtern erfordert, ist die durch den Übergang zur nachgiebigen Kupplung bedingte Preiserhöhung viel kleiner als bei Netzen gleicher Nennfrequenz und so gering, daß sie durch die Vorteile der nachgiebigen Kupplung gewöhnlich gerechtfertigt wird. Wesentlich ist dabei noch, daß in einem Bahnnetz leicht sehr starke Leistungsschwankungen auftreten, so daß es hier bei starrer Kupplung besonders schwierig ist, nur durch Regelung in den Kraftwerken die Austauschleistung unabhängig von diesen Schwankungen nach einem vorgeschriebenen Gesetz zu regeln. Hat die Bahnanlage überhaupt kein eigenes Kraftwerk, handelt es sich also nur um einen Leistungsbezug aus dem Netz anderer Frequenz, so verlieren die angestellten Überlegungen ihre Bedeutung.

Ein abwägender Vergleich zwischen den Vorteilen der Kupplung über umlaufende Maschinen und über gesteuerte Gleichrichter ist wohl heute noch unmöglich. Es sollen deshalb im folgenden nur noch die Gesichtspunkte festgelegt werden, die wohl für die Wahl zwischen beiden Lösungen wesentlich sind; eine Entscheidung, zu wessen Gunsten der einzelne Gesichtspunkt spricht, soll aber in zweifelhaften Fällen nicht versucht werden.

Zunächst sind, wie immer, Betriebssicherheit, Preis, Wirkungsgrad, Gewicht, Raumbedarf, Zubehör, Beeinflussung der Umgebung u. ä. zu beachten. Während der Preis der Kommutator-Hintermaschine und damit der des umlaufenden Umformers mit der größten im gewöhnlichen Betrieb auftretenden Schlüpfung der Asynchronmaschine, also auch mit der größten zugelassenen Frequenzabweichung vom Nennwert, erheblich ansteigt, hängt der Preis des Gleichrichters nicht von den zugelassenen Frequenzschwankungen ab. Auch die Blindleistungserzeugung ist wesentlich, für die ganz anderes als für die bisher allein behandelte Übertragung der Wirkleistung gilt. Bei jedem unmittelbaren Zusammenschluß der Netze, sei es durch feste oder durch dauernd wechselnde Verbindungen (Gleichrichter), kann die Kupplungsleitung, von ihrem Eigenverbrauch an Blindleistung abgesehen, das eine Netz nur mit Blindleistung beliefern, wenn sie aus dem anderen Netz den gleichen Betrag bezieht, sie kann also auch die Blindleistung nur übertragen, solange nicht durch zusätzliche, an die Kupplungsleitung angeschlossene Anordnungen vor- oder nacheilende Blindleistung erzeugt wird. Die synchronen und asynchronen Maschinen des Umformers dagegen können diese zusätzliche Blindleistungserzeugung selbst übernehmen und ihr Netz damit beliefern. Während

Digitized by Google

ferner die Maschinen des Umformers die Netze mit praktisch sinusförmigem Strom belasten oder beliefern, verzerrt der Gleichrichter die Kurvenform der Spannung und des Stromes, deren Glättung wieder zusätzliche Anordnungen erfordert. Wichtig ist ferner das Verhalten des Umformers und des Gleichrichters bei Störungen, die in den gekuppelten Netzen auftreten. Diese Störungen können sich in sehr schnellen Spannungsänderungen des betroffenen Netzes äußern, und es ist wichtig, wie weit dadurch bei den beiden möglichen Lösungen die eingestellte Austauschleistung beeinflußt wird und wie stark die Spannungssenkung auf das andere Netz übergreift. Die Störung kann aber auch eine sehr starke und plötzliche Frequenzänderung in einem Netz bedingen, die Umformer und Gleichrichter auch verschieden beeinflussen wird. Für die Ausbildung der Schutzanordnungen zur Abschaltung kranker Teile ist wesentlich, daß beim Umformer ein Fehler im Kreis der einen Maschine die Stromverhältnisse der anderen Maschine nicht beeinflussen muß, wenn der Fehler nur eine Änderung des Blindstromes, nicht aber des Wirkstromes bedingt. Bei der Kupplung über Gleichrichter wird jede durch eine Störung bedingte Stromänderung auf der einen Seite der Kupplungsanordnung auch den Strom der anderen Seite beeinflussen. Obwohl aber der Gleichrichter selbst als einfacher Schalter wirkt, besteht doch der vorgeschalteten Transformatoren wegen keine unmittelbare leitende Verbindung zwischen den gekuppelten Netzen; sowohl die Kupplung über Gleichrichter wie die über umlaufende Umformer wirkt zugleich als „Isoliertransformator".

Zusammenfassung.

Leitende Verbindung zwischen zwei Kraftübertragungsnetzen durch eine Kupplungsleitung bedeutet, daß beide Netze stets mit genau gleicher Frequenz arbeiten und daß die Austauschleistung zwischen ihnen nicht durch Regelung an der Kupplungsstelle, sondern nur in den Kraftwerken beeinflußt werden kann (starre Kupplung). Bei Einschaltung eines aus zwei Synchronmaschinen entsprechender Polzahl bestehenden Umformers in die Kupplungsleitung kann zwar das Frequenzverhältnis der Netze vom Wert 1 abweichen, bleibt aber starr festgelegt. Der Ersatz der einen Synchronmaschine durch eine Asynchronmaschine ermöglicht dagegen voneinander unabhängige Frequenzschwankungen der beiden Netze und zugleich — wenigstens in gewissen Grenzen — eine Regelung der Austauschleistung durch den Umformer selbst. Wird die Asynchronmaschine mit Kommutatorhintermaschine ausgestattet, so kann sie bei beliebigem Frequenzverhältnis jede verlangte Austauschleistung erzwingen (nachgiebige Kupplung). Die gleiche Regelbarkeit der Austauschleistung kann aber auch erreicht werden, wenn statt des umlaufenden Umformers ein Satz von gesteuerten Gleichrichtern in die Kupplungsleitung eingeschaltet wird.

Leistungsregelung bei Kupplung von Netzen verschiedener Stromart.

Von **K. Schmer VDE** und **W. Stäblein VDE**, Berlin.

621. 316. 11. 016. 31 : 621. 3. 072. 8

Übersicht. Nachstehend wird auf den grundsätzlichen Unterschied eingegangen, welcher sich hinsichtlich der Leistungsregelung bei Kupplung von Netzen verschiedener Stromart gegenüber jener von Netzen gleicher Stromart ergibt. Dann wird an Hand von einigen Beispielen gezeigt, wie bei den verschiedenen Stromarten Leistungsregelung durchgeführt werden kann und welche Regelanforderungen sich von den vorhandenen und in Entwicklung begriffenen Umformungsmöglichkeiten erfüllen lassen.

I. Aufgabestellung.

Die neuere Entwicklung auf dem Gebiete der Energieumformung einerseits, die immer größer werdende Ausdehnung elektrisierter Vollbahnnetze anderseits und die Frage der Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom erwecken heute ein erhöhtes Interesse für die Aufgabe, wie bei der Kupplung von Netzen verschiedener Stromart Leistung geregelt werden kann und welche Unterschiede gegenüber der Kupplungsaufgaben bei den heute vorhandenen Netzen gleicher Stromart bestehen.

Bezüglich der Stromart der nachstehend betrachteten gekuppelten Netzarten stehen nach dem heutigen Stand der technischen Entwicklung folgende drei Gruppen im Vordergrund:

a) Kupplung von Mehrphasennetzen der Frequenz f_1 mit Einphasennetzen der Frequenz f_2,

b) Kupplung von Mehrphasennetzen mit Einphasennetzen gleicher Frequenz,

c) Kupplung von Mehrphasennetzen mit Gleichstromnetzen.

Dabei ist meist gefordert, daß Energie in beiden Richtungen fließen kann, also von dem einen der gekuppelten Netze zum anderen und umgekehrt.

Über die Betriebsweise der betrachteten Netze sei noch vorausgesetzt, daß sie, wie heute fast allgemein üblich, mit konstanter Spannung und bei Wechselstromnetzen außerdem mit konstanter Frequenz betrieben werden. Die Konstanz von Spannung und Frequenz ist dabei so zu verstehen, daß es sich um die Einhaltung eines bestimmten Mittelwertes handelt, daß Abweichungen hiervon innerhalb mehr oder weniger großer Grenzen nach oben oder unten, wenn auch teilweise nur vorübergehend, möglich, ja geradezu notwendig sind, um Leistungs-, Spannungs- und Blindleistungs-Regelung durchführen zu können.

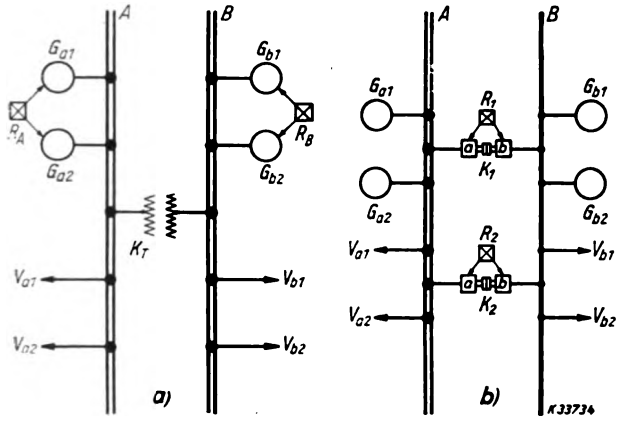
Die nachstehend angedeuteten Regelfragen treten nur dann in ihrem vollen Umfang in Erscheinung, wenn es sich um Fernübertragungsnetze hoher Spannung und großer Leistungsfähigkeit handelt — also keine örtlichen Verteilungsnetze — und um Fernbahnnetze — also keine Straßenbahnnetze und Bahnnetze für Nahverkehr —.

Die zu erfüllenden Regelaufgaben lassen sich dabei in zwei Gruppen unterteilen, in solche mehr tariflicher Art, wie z. B. Leistungslieferung nach Fahrplan, Lieferung von Grundlast, Lieferung von Spitzenlast und in solche mehr betrieblicher Art, wie z. B. gleichmäßige Leistungsverteilung der anfallenden Last auf parallel arbeitende Kupplungsstellen und Kraftwerke, Leistungsübernahme gemäß der Länge der zu den einzelnen Speisestellen gehörenden Netzabschnitte, gegenseitige Leistungsaushilfe bei Überlastung einer Speisestelle, Leistungsbeteiligung nach einem bestimmten Lastverhältnis. Dazu kommen noch die Regelaufgaben allgemeiner Art, wie Frequenzhaltung, Spannungshaltung und Blindlastverteilung, die von der Leistungsregelung oft nicht getrennt werden können. Außerdem wird der Reservewert gekuppelter Netzverbände noch erhöht, wenn es möglich ist, Energieaustausch zwischen Netzen gleicher Stromart über Kuppelstellen eines Netzes verschiedener Stromart vorzunehmen.

Digitized by Google

II. Besonderheiten bei der Regelung von gekuppelten Netzen verschiedener Stromart.

Bei Netzen gleicher Stromart ist die Regel, daß die Kupplung entweder unmittelbar oder über Transformatoren vorgenommen wird. Eine Kupplung über Maschinenumformer kommt wegen ihrer hohen Anlagekosten kaum in Betracht. Bei der Kupplung von Netzen verschiedener Stromart dagegen ist in allen Fällen, in denen die Frequenz nicht dieselbe ist, eine Umsetzung der Energie notwendig. Man muß daher zu Maschinenumformern greifen, in denen eine echte Umformung der Energie stattfindet, oder zu ähnlich wirkenden Geräten, wie Stromrichtern, in denen eine unechte Energieumformung erfolgt, da durch Schaltvorgänge aus der Spannung der einen Stromart die der anderen herausgeschnitten wird. Durch die Notwendigkeit der Energieumformung an den Kuppelstellen ist es nun grundsätzlich möglich, die Regelung der Durchgangsleistung von den speisenden Kraftwerken der gekuppelten Netze weg in die Umformungseinrichtung hinein zu verlegen.



a) Kupplung von Netzen gleicher Stromart

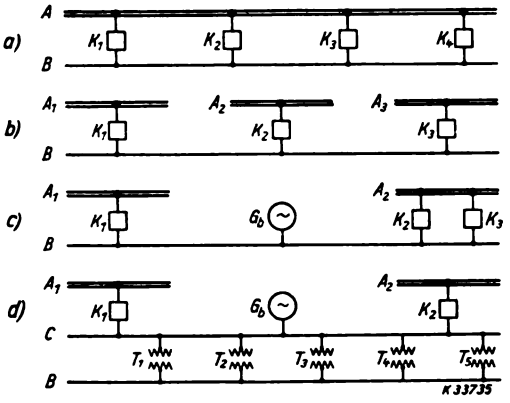
b) Kupplung von Netzen verschiedener Stromart

A, B die beiden zu kuppelnden Netze
G_a, G_b Kraftwerke bzw. Kraftwerksgeneratoren
V_a, V_b Verbraucher
K_T Transformatorkupplung
K_1, K_2 Umformerkupplung
R_A, R_B Regeleinrichtungen in den Kraftwerken
R_1, R_2 Regeleinrichtungen an den Kupplungsstellen

Abb. 1. Kupplung von Netzen gleicher und verschiedener Stromart.

Abb. 1. möge diesen wichtigen Gesichtspunkt veranschaulichen. Links zeigt das Bild die heute gebräuchliche Kupplung von Netzen gleicher Stromart. Netz A mit den Generatoren bzw. Kraftwerken G_{a_1}, G_{a_2} usw. und den Verbrauchern V_{a_1}, V_{a_2} usw. ist über einen Kupplungstransformator K_T mit dem Netz B gekuppelt. G_{b_1}, G_{b_2} usw. seien Kraftwerke bzw. Generatoren, V_{b_1}, V_{b_2} seien Verbraucher des Netzes B. Die Übergabeleistung wird dabei grundsätzlich durch entsprechende Einstellung von Frequenz und Leistung an den beteiligten Kraftwerken geregelt, was durch die Regeleinrichtungen R_A und R_B angedeutet sein soll. R_A hält die Frequenz und R_B die Übergabeleistung konstant, deren Meßwert durch eine Fernmeßeinrichtung übertragen wird. In beiden Fällen arbeitet die Regelung auf die Drehzahlverstellmotoren der üblichen Drehzahlregler an den Kraftmaschinen. Ihre Verwendung hat, da sie als statische Regler einen durch die Drehzahlkennlinie dargestellten Zusammenhang zwischen Frequenz und abgegebener Maschinenleistung aufweisen, zur Folge, daß bei einer Änderung des Leistungsbedarfes eines Verbrauchers jede Maschine beider Netze entsprechend ihrer Drehzahlkennlinie beteiligt wird. Die Regeleinrichtungen R_A und R_B haben dann die dadurch entstandenen Abweichungen von Frequenz und Übergabeleistung auszugleichen.

In der Abb. 1 b sind die Verhältnisse bei Kupplung von Netzen verschiedener Stromart dargestellt. Um zum Ausdruck zu bringen, daß hier ohne besondere Regel- bzw. Betriebsschwierigkeiten die Kupplung an mehreren Stellen möglich ist, sind zwei Kuppelstellen K_1 und K_2 gezeichnet. Soll die Kuppelleistung z. B. von Netz A nach B fließen, so bedeutet a den motorischen Teil der Umformungseinrichtung und b den generatorischen. Die Regelung der Übergabeleistung erfolgt nun nicht mehr bei G_a oder G_b, sondern an der Kuppelstelle unmittelbar, was durch die Regeleinrichtungen R_1 und R_2 angedeutet ist.



A, A_1, A_2 ... } die zu kuppelnden B } Netze
C Zwischennetz
K_1, K_2, K_3 ... Kupplungsstellen mit Umformern
G_b Generator bzw. Kraftwerk von Netz B
T_1, T_2, T_3 ... Umspannwerke

Abb. 2. Netzkupplungsbeispiele.

Mit der Verlegung der Regelung der Übergabeleistung vom Kraftwerk weg in die Kuppelstelle hinein tritt an die Stelle des zur Leistungsregelung verwendeten Drehzahlreglers bei Generatoren ein elektrischer Leistungsregler am Umformer.

Die hier an den Kuppelstellen vorzunehmende Energieumformung von einer Stromart in die andere bringt auch gegenüber der heutigen Kupplung von Netzen gleicher Stromart über Transformatoren eine wesentliche Auflockerung der starren Verbindung der gekuppelten Netze mit sich. Die Regelung in dem einen der gekuppelten Netze wird weitgehend unabhängig von den Vorgängen im anderen Netz bzw. in den anderen Netzen. Gegenüber der heutigen Übergabeleistungsregelung in Drehstromnetzen, bei welcher eine Regelung der Frequenz oder der Netzspannung nach Größe oder Phasenlage im einen Netz auf das andere zurückwirkt, sind hier die Netze bezüglich der Netzspannung der gekuppelten Netze vollkommen frei und ebenso bezüglich der Frequenz bei elastischer Kupplung. Die Durchgangsleistung läßt sich in allen Fällen frei einstellbar machen und ist diejenige Größe, deren Änderung in beiden Netzen wirksam wird. Bei Maschinenumformern, insbesondere bei elastischen, haben die umlaufenden Massen zur Folge, daß harte Belastungsstöße im einen Netzteil des Umformers verzögert an das andere Netz weitergegeben, also gemildert werden.

Ein weiterer beachtenswerter Punkt bei der Kupplung von Netzen verschiedener Stromart ist noch der, daß die Kuppelleistung mindestens auf eine der beiden gekuppelten Netzseiten bezogen, im Betrieb einen verhältnismäßig hohen Betrag an der gesamten Netzleistung darstellen wird, gegenüber dem Verhältnis der Leistungsfähigkeit der Kuppelstellen der heutigen Überlandnetze mit ihrem oft verschwindend geringen Leistungssatz, gemessen an der gesamten Netzleistung.

Zur Erläuterung der vorstehenden Hinweise sind in Abb. 2 verschiedene Beispiele von Netzkupplungen aufgeführt. Abb. 2 a zeigt z. B. eine Anordnung, bei welcher ein Netz der einen Stromart mit dem zweiten Netz über

Digitized by Google

eine Reihe von Umformern gekuppelt ist, für die die Frequenzen auf beiden Seiten gleich sind. In Abb. 2 b erfolgt die Speisung von Netz B aus mehreren voneinander unabhängigen Netzen A_1, A_2 und A_3. Bei elastischer Kupplung können die Primärnetze A verschiedene Frequenzen bzw. nichtsynchrone Spannungen haben. Abb. 2 c zeigt eine gemischte Speisung, wobei Netz B ein eigenes Kraftwerk Gb aufweist. Abb. 2 d stellt einen Sonderfall dar, welcher bei der Speisung von Fernbahnen in Betracht kommen kann. Hier ist dem Netz B, z. B. dem Fahrleitungsnetz von 16 kV und 16⅔ Hz, ein Hilfsnetz C vorgeschaltet, z. B. in Form einer 100 kV-Zwischensammelschiene. Die Kupplung zwischen B und C erfolgt dann über mehrere einfache Umspannerwerke T_1 bis T_5.

Werden an den Kuppelstellen als Umformungssätze Stromrichteranordnungen verwendet, so ist noch zu überlegen, ob „fremdgeführte" Stromrichter genügen, also Anordnungen, welche nur auf ein von einem Kraftwerk „in Takt" gehaltenes Netz arbeiten können, oder ob man „selbstgeführte" Ausführungen wählen muß, welche ihr speisendes Netz ohne parallel fahrendes Kraftwerk selbsttätig in Takt halten können.

Auch bei der Kupplung von Netzen gleicher Stromart werden häufig an den Kuppelstellen Regeleinrichtungen in Form von Regeltransformatoren verwendet. Diese können, sofern sie zur Regelung einer Spannung in Phase mit der Netzspannung verwendet werden, im wesentlichen nur das Spannungsverhältnis der beiden Netze und damit die ausgetauschte Blindleistung beeinflussen. Will man die Wirkleistung regeln, so muß man Querspannungstransformatoren verwenden, bei denen die Zusatzspannung eine Querspannung ist, d. h. zur Netzspannung senkrecht steht. Aber auch mit diesen ist eine Regelung der absoluten, zwischen den Netzen ausgetauschten Leistung nicht möglich, da die Leistung in der vorher geschilderten Weise über die Drehzahlkennlinie der Maschinenregler mit der Frequenz verknüpft ist. Ein Querspannungsregler an einer einzigen Kuppelstelle zwischen zwei Netzen kann daher die Übergabeleistung nicht beeinflussen. Bei mehreren Kuppelstellen wird durch ihn das Verhältnis der einzelnen Kuppelleistungen untereinander geändert.

III. Beispiele für die Kupplung von Netzen verschiedener Stromart.

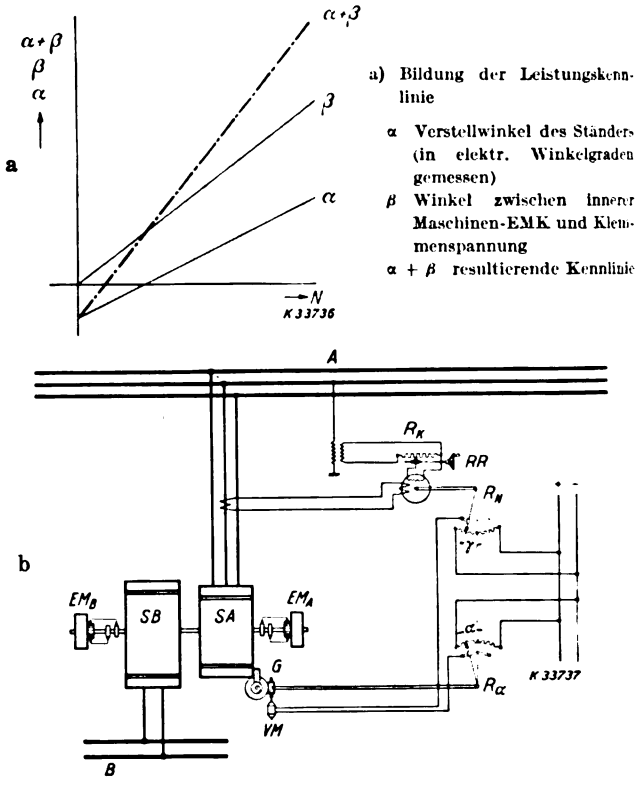
Die angestellten Betrachtungen werden an Hand der nachstehenden Beispiele auf praktisch vorkommende Fälle bezogen. Verallgemeinerungen können daraus dann ohne weiteres abgeleitet werden. Vorausgestellt sei noch, daß mehrere in einer Kuppelstelle parallel arbeitende Umformungssätze zu einer einzigen großen Umformungseinheit zusammengefaßt gedacht werden.

1. Kupplung von Drehstrom 50 Hz mit Einphasenstrom 16⅔.

Den einfachsten Fall stellt die frequenzstarre Kupplung mittels Synchron-Synchron-Umformern dar. Der ungeregelte Synchron-Umformersatz läßt keine Leistungsregelung zu. Er verhält sich in dieser Beziehung ähnlich wie ein Kupplungstransformator. Frei ist er nur bezüglich Blindleistungs- und Spannungsregelung. Auch Einankerumformer bestimmter Bauarten verhalten sich ähnlich, nur daß bei diesen auch die Blindleistungs- bzw. Spannungsregelung nicht frei ist.

Es lassen sich nun die Synchron-Umformersätze leicht regelbar ausführen, indem man einen der beiden Ständer des Motorgenerators verdrehbar macht und diese Verdrehbarkeit zur Leistungsregelung heranzieht. Dabei genügen kleine mechanische Verstellwinkel von 3 bis 4 Winkelgraden (räumlich) bei Umformersätzen von 5000 bis 8000 kW und 500 U/min, wie sie für praktische Fälle in Betracht kommen. Derartig regelbare Synchron-Maschinensätze entsprechen in der Regelfähigkeit etwa Querspannungstransformatoren, da sich mit ihnen bei mehreren Umformern die Leistungsverteilung im Parallelbetrieb regeln läßt. Sie stellen eine einfache, übersichtliche und verhältnismäßig billige Lösung der Kupplungsfrage dar.

In Abb. 3 ist ein Beispiel einer regelbaren Synchron-Synchron-Umformung aufgezeichnet. Hier wird der Synchronmaschine dadurch eine frei einstellbare Leistungskennlinie gegeben, daß dem natürlichen Zusammenhang zwischen dem Winkel β, d. h. dem Winkel zwischen Leerlauf- und Klemmenspannung und der abgegebenen bzw. aufgenommenen Leistung eine Kennlinie überlagert wird, welche einen selbständigen, frei einstellbaren Zusammenhang darstellt zwischen der räumlichen Winkellage α des verdrehbaren Ständers gegenüber seiner Ausgangsstellung und der Durchgangsleistung. Abb. 3 a zeigt das Entstehen der neuen Leistungskennlinie. Es ist die natürliche Winkel-β-Kennlinie β für einen bestimmten Erregungszustand aufgetragen. Bemerkt sei, daß der Einfluß der Erregung auf die Leistungskennlinie in der Regelungsanordnung, soweit als erforderlich, leicht ausgeglichen werden kann. Weiter ist eingezeichnet der willkürlich einstellbare Zusammenhang zwischen räumlicher Ständerverdrehung α und Durchgangsleistung. Die eigentliche Leistungskennlinie $\alpha + \beta$ ergibt sich aus der Überlagerung von α und β.



a) Bildung der Leistungskennlinie
- α Verstellwinkel des Ständers (in elektr. Winkelgraden gemessen)
- β Winkel zwischen innerer Maschinen-EMK und Klemmenspannung
- $\alpha + \beta$ resultierende Kennlinie

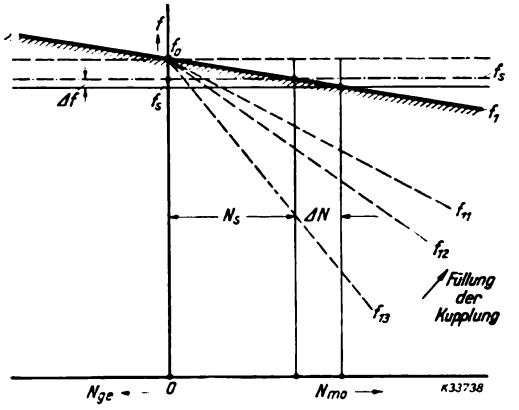
b) Regelungsanordnung
- A, B die beiden gekuppelten Netze
- SA, SB Synchrongeneratoren
- EM_A, EM_B Erregermaschinen zu SA und SB
- G Ständerverdrehvorrichtung
- VM Verstellmotor zu G
- R_N Einstelleinrichtung für den Leistungswert
- R_α Einstelleinrichtung für den Verstellwinkel α
- R_K Spannungsteiler für die Beeinflussung der Leistungskennlinie
- R_R Handrad zum Verstellen von R_K

Abb. 3a und b. Leistungsreglung bei Synchron-Synchron-Umformern.

Man erreicht damit eine selbsttätige von der natürlichen Verteilung der Belastung abweichende Beteiligung der einzelnen Umformer an Laständerungen. Man kann also z. B. eine Maschine sehr steif machen, so daß sie im wesentlichen die Spitzen übernimmt.

Digitized by Google

Abb. 3 b zeigt die Schaltanordnung, bei der der für die Regelung erforderliche Vergleich an Hand von Gleichspannungen durchgeführt wird. Ein solcher Vergleich von Gleichspannungen, in die alle Meßwerte umgeformt werden, hat den Vorteil, daß die Regelanordnung für alle Zwecke gleich aufgebaut werden kann, daß sich die Regelung von verschiedenen Größen leicht vereinigen und die Einstellbarkeit aller wesentlichen Regeleinflüsse leicht erreichen läßt. Der durch die Winkel-α-Kennlinie der Abb. 3 a gegebene Zusammenhang zwischen der Leistung und dem Winkel α wird durch die Einstellgeräte R_N, die die Leistung in eine proportionale Gleichspannung umwandeln, durch die Einstellgeräte R_a, die die Ständerverdrehung α ebenfalls in eine proportionale Gleichspannung



f Frequenz
N Leistung
f_0 Frequenz von Netz A
f_s Frequenz von Netz B mit zugehöriger Belastung N_s
Δf Frequenzänderung von Netz A bzw. Frequenzunterschied zwischen zwei Netzen A_1 und A_2 gekuppelt über B
ΔN Leistungsänderung, zu Δf gehörig
f_1 natürliche Kennlinie des Asynchron-Synchronumformers bzw. Kennlinie des Synchron-Synchron-Umformers bei voller Füllung der Flüssigkeitskupplung
f_{11}, f_{12}, f_{13} Kennlinien bei Teilfüllungen der Kupplung

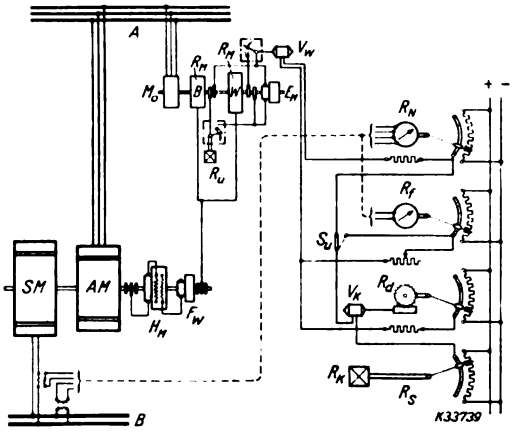
Abb. 4. Leistungskennlinie bei ungeregeltem Asynchron-Synchron-Umformer und Synchron-Synchron-Umformer mit Flüssigkeitskupplung.

umwandeln, sowie durch den Verstellmotor VM erreicht. VM ist nur dann in Ruhe, wenn die beiden an den Spannungssteilern abgegriffenen Spannungen untereinander gleich sind. Die Neigung der Kennlinie kann durch den Einstellapparat RR geändert werden.

Bei der elastischen Kupplung mittels Maschinen sind Fälle denkbar, bei welchen auf besondere Regelmöglichkeiten mit Rücksicht auf die Einfachheit der Anlage und des Betriebes verzichtet werden kann. Die Kupplung läßt sich dann z. B. mit einfachen Asynchron-Synchron-Maschinensätzen durchführen ohne Regeleinrichtung oder mit Synchron-Synchron-Umformern mit zwischengeschalteter Flüssigkeitskupplung. Diese Zwischenkupplung, z. B. eine „Föttinger"-Kupplung, weist ein ähnliches Verhalten auf wie eine Asynchronmaschine, wie Abb. 4 veranschaulicht. Die Linie f_0—f_1 stellt die Leistungskennlinie der Kupplung bei voller Füllung dar. Bei einer Belastung N_s tritt z. B. ein Drehzahlabfall auf gegenüber Leerlauf in der Größe von f_0—f_s. Arbeiten gemäß Abb. 2 b mehrere derartige Umformerwerke parallel, wobei jedes Umformerwerk K_1, K_2 und K_3 aus einem gesonderten Netz A_1, A_2 und A_3 gespeist wird, so stellt sich bei verschiedener Frequenz von A_1, A_2 und A_3 zwischen den Unterwerken ein Querleistungsfluß ein, der sich dem normalen Leistungsfluß überlagert. Da aber die heutigen Landesstromversorgungsnetze ihre Frequenz überaus konstant halten, ist nur mit kleinen derartigen Querleistungsflüssen in den einzelnen speisenden Netzen zu rechnen. In Abb. 4 stellt der Frequenzunterschied Δf in übertriebener Weise eine derartige Abweichung dar. Die sich mit Δf ergebende Querleistung beträgt ΔN. Bemerkt sei noch, daß sich mittels verschiedener Füllung der Kupplung eine Leistungsregelung mit Rücksicht auf Wirkungsgradverschlechterung, Trägheit der Regelung und Notwendigkeit einer zusätzlichen Kühleinrichtung für die Flüssigkeit nicht durchführen läßt, daß aber die Füllungsregelung in eleganter Weise zum Hochfahren des Maschinensatzes, namentlich zum Hochziehen des schweren Einphasengenerators herangezogen werden kann.

Ein Ausführungsbeispiel eines vollkommen regelbaren Maschinenumformers zeigt Abb. 5. Die Regelung erfolgt durch entsprechende Einstellung der dem Frequenzwandler F_W zugeführten Erregerleistung für die Hintermaschine H_M. Für die Anordnung, wie diese Erregerleistung geregelt werden kann, bestehen die mannigfaltigsten Vorschläge. Die in der Zeichnung angegebene Regelung mittels Hilfssynchronmaschinen R_MB und R_MW ist nur eine dieser Möglichkeiten.

Der Grundgedanke einer regelbaren Asynchronmaschine besteht darin, daß der Läuferspannung eine einstellbare Gegenspannung entgegengesetzt wird. In den Synchronmaschinen R_MB und R_MW wird eine Spannung erzeugt und durch den Frequenzwandler F_W auf die Frequenz der Läuferspannung übersetzt und dann zur Erregung der Hintermaschine H_M benutzt. Durch die Synchronmaschine R_MW, deren Erregung durch den Verstellmotor V_W geändert werden kann, wird im wesentlichen die Größe der Läufergegenspannung und damit die Wirkleistung geändert. Durch R_MB, deren Erregung durch den Blindleistungsregler R_N eingestellt werden kann, wird im wesentlichen die Phasenlage der Läufergegenspannung und damit die Blindleistung geändert.



A, B die beiden gekuppelten Netze
SM Einphasen-Synchrongenerator
AM Drehstrom-Asynchronmotor
H_M Hintermaschine zu AM
F_W Frequenzwandler
R_MW Regelmaschine zur Wirkleistungsregelung
R_MB Regelmaschine zur Blindleistungsregelung
E_M Erregermaschine für R_MW und R_MB
M_0 Antriebs-Synchronmotor
R_f Blindleistungsregler
V_W Verstellmotor für Wirkleistungsregelung
R_N Einstelleinrichtung für die Durchgangsleistung
R_f Einstelleinrichtung für die Netzfrequenz
R_d Einstelleinrichtung zur Einstellung der Kennlinie
V_K Verstellmotor zu R_d
R_S Einrichtung zur Einstellung des Sollwertes
R_K Einrichtung zur Verstellung des Sollwertes
S_f Umschalter auf Frequenz oder Leistungsregelung

Abb. 5. Regelung des elastischen Maschinenumformers.

Die auf den Verstellmotor V_W wirkende selbsttätige Regeleinrichtung hat den Zweck, dem Umformer eine Frequenzleistungskennlinie, ähnlich der Drehzahlkennlinie des Drehzahlreglers einer Kraftmaschine, zu geben und gestattet darüber hinaus eine konstante Frequenz oder

Digitized by Google

eine konstante Leistung zu fahren. Die Regelung erfolgt wieder über den Vergleich von Gleichspannungen, die den Meßgrößen entsprechend eingestellt werden, und zwar in R_N entsprechend der Leistung, in R_f entsprechend der Frequenz und in R_S entsprechend einem Sollwert. Der Verstellmotor V_W ist, wenn man zunächst von dem Einstellgerät R_d absieht, dann in Ruhe, wenn einem bestimmten Wert der Leistung ein bestimmter Wert der Frequenz entspricht und regelt die Leistung daher nach der gewünschten Kennlinie ein. Mit R_d kann eine Parallelverschiebung der Kennlinie erreicht werden, die über den Verstellmotor V_K selbsttätig vorgenommen wird, entsprechend dem Vergleich des in R_S eingestellten Sollwertes mit der Leistung oder der Frequenz, je nach Stellung des Umschalters S_U.

Die Regelung von Umrichtern hat auf deren Eigenschaften Rücksicht zu nehmen. Es tritt bei ihnen eine eigentliche Umformung der Energie nicht auf, sondern sie stellen Schaltgeräte dar, die aus der Spannung des einen Netzes Stücke herausschneiden und in bestimmter Weise zu der gewünschten Ausgangsspannung zusammensetzen. Die Beziehungen zwischen den Spannungen der ausgetauschten Wirk- und Blindleistung hängen vollständig von der Art und Weise ab, wie die einzelnen Spannungsstücke herausgeschnitten und zusammengesetzt werden. Umrichter haben daher keine natürliche Leistungskennlinie, wie sie bei Maschinen durch die Umformung über das Drehmoment als Wechselwirkung zwischen Ständer und Läufer auftritt.

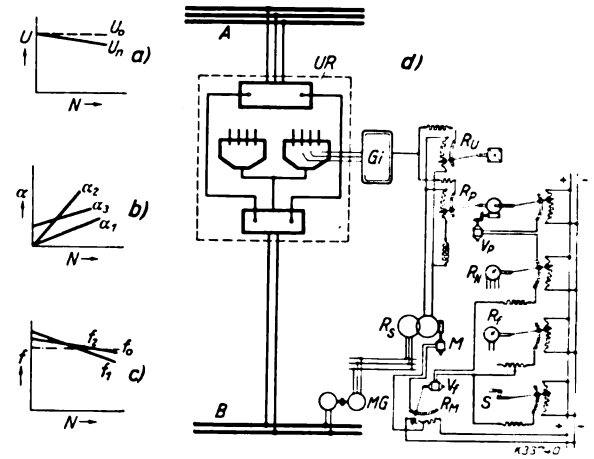
Eine weitere aus dem Verhalten der Umrichter als Schaltgeräte herrührende Eigenschaft ist die, daß sie nicht in der Lage sind, wie Maschinenumformer, die Pulsationen, die die Einphasenleistung als solche aufweist, von dem Drehstromnetz fernzuhalten, soweit man nicht einen besonderen Energiespeicher zur Abmilderung vorsieht.

Das natürliche Verhalten eines Umrichters ist das eines Transformators. Die gelieferte Sekundärspannung hängt insbesondere auch wegen der Spannungsabfälle im eigenen Transformator in der Weise von der Belastung ab, daß sie mit steigender Belastung abfällt, wie in Abb. 6 a dargestellt.

Um mit einem Umrichter dieselben Regelaufgaben lösen zu können wie mit einem Maschinenumformer, muß man ihm künstliche Kennlinien geben, wie sie dieser hat. Solche Kennlinien sind z. B. in Abb. 6 gezeigt, und zwar stellt b den Zusammenhang des Winkels α zwischen Leerlaufspannung und Klemmspannung mit der Leistung des Umrichters, c den Zusammenhang zwischen der Leistung des Umrichters und der Frequenz dar, der der Drehzahlkennlinie der üblichen Drehzahlregler entspricht.

Eine Regeleinwirkung auf den Umrichter ist über die Gittersteuerung möglich. Durch eine passende Änderung der zugeführten Gitterspannung kann die gewünschte Kennlinie erreicht werden. Abb. 6 d zeigt ein Beispiel einer solchen Regelanordnung.

Die auf die Gittersteuerungseinrichtung Gi des Umrichters UR wirkende selbsttätige Regeleinrichtung besteht aus drei Teilen. Diese verändern in verschiedenartiger Weise die aus dem Motorgenerator MG abgeleitete Steuerspannung. Durch den Regler R_s wird eine Schlupfregelung bewirkt. Die Größe des Schlupfes wird durch die Drehzahl des den Drehtransformator antreibenden Motors M bedingt, die ihrerseits von der in der Regeleinrichtung R_M eingestellten Spannung abhängt. Die Einstellung besorgt der Verstellmotor V_f, der so geschaltet ist wie der Verstellmotor V_W in Abb. 5. Es ergibt sich so eine Frequenz-Leistungs-Kennlinie aus dem Vergleich der Gleichspannungen der Einstelleinrichtung R_N für die Leistung und R_f für die Frequenz. Die Kennlinie kann von Hand durch die Einstelleinrichtung S verschoben werden. In den Regeleinrichtungen R_P und R_U werden Ströme abgenommen, deren Phase gegeneinander so verschoben ist, daß eine Änderung von R_P die Phase der Ausgangsspannung und damit die Leistung, eine Änderung von R_U die Größe der Ausgangsspannung beeinflußt. R_P wird durch einen Verstellmotor V_P eingestellt, der auf dem Wege über die Gleichspannungen die in R_N abgegriffene Leistung mit der Winkelstellung von R_P vergleicht. Es ergibt sich so die Winkel-α-Kennlinie nach Abb. 6 b. Mit R_U kann die Spannung selbsttätig geregelt werden.



a) Natürliche Umrichterkennlinie
U_0 Leerlaufspannung
U_n Spannung bei Belastung
N Durchgangsleistung

b) Künstlich gebildete Phasenkennlinie
α Phasenwinkel zwischen innerer Umrichterspannung und Netzspannung
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ Beispiele von Phasenkennlinien

c) Künstlich gebildete Frequenzkennlinie
f_0 Netzfrequenz
f_1, f_2 Beispiele der Frequenzkennlinie

d) Regelanordnung
A, B die beiden gekuppelten Netze
UR Umrichter
Gi Gittersteuerungseinrichtung des Umrichters
MG Motorgenerator zur Schaffung der Steuerspannung
R_s Frequenzregler
M Antriebsmotor für R_f
R_M Regeleinrichtung für M
V_f Verstellmotor für RM
R_P Phasenregler
V_P Verstellmotor zu R_P
R_U Spannungsregler
R_N Einstelleinrichtung für den Leistungswert
R_f Einstelleinrichtung für den Frequenzwert
S Einstelleinrichtung zur Einstellung des Sollwertes

Abb. 6. Regelung beim Umrichter.

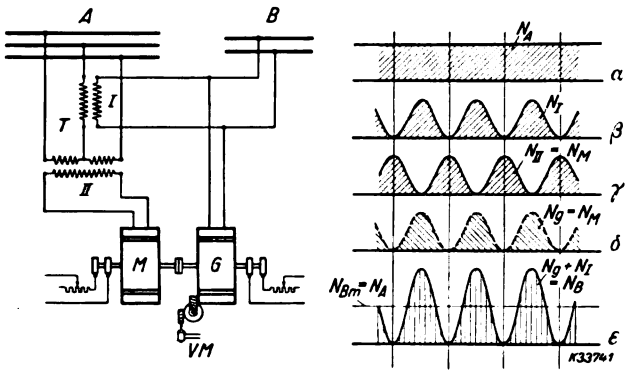
2. Kupplung von Drehstrom 50 Hz mit Einphasenstrom 50 Hz.

Geschieht die Netzkupplung über einen einphasigen Kupplungstransformator oder über eine Scott-Anordnung auf der Einphasenseite, so unterscheidet sich diese Art der Kupplung kaum von der heutigen Netzkupplung. Als Nachteil kommt hinzu, daß bei dieser Kupplung das Drehstromnetz entweder mit einem Teil derselben unsymmetrisch belastet wird und daß eine Leistungsregelung zwischen mehreren parallel arbeitenden derartigen Kuppelstellen gar nicht oder nur schlecht und unvollkommen durchführbar ist. Außerdem können Einphasentransformatoren auf wirtschaftliche Weise nicht für eine Querspannungsregelung eingerichtet werden.

Eine Regelung von ruhenden, aus Drosseln und Kondensatoren bestehenden Energiespeichern, die den pulsierenden Anteil der Last decken, ist kaum stufenlos und mit der erforderlichen Regelgeschwindigkeit möglich. Abb. 7 zeigt eine Anordnung, bei der diese Aufgabe mit einem zusätzlichen Maschinensatz gelöst wird. An der Wicklung II der Scott-Anordnung T liegt ein Synchronmotor M mit einem um rd. 90 ° versetzten Synchron-Generator G, der auf das Netz B gemeinsam mit der Wicklung I speist. Eine Leistungsregelung kann auf Kosten der vollkommenen Aussymmetrierung, für die die Leistungskurven in Abb. 7 dargestellt sind, im gewissen Umfang erfolgen, eine Blindleistungsregelung ebenso durch die Erregung.

Digitized by Google

Greift man zu reinen Maschinenumformern, so lassen sich damit die gleichen Ergebnisse wie bei den vorstehend geschilderten Anordnungen für verschiedene Frequenz erzielen. Einankerumformer verhalten sich ähnlich wie ungeregelte Synchron-Synchron-Umformer oder auch wie Transformatorkupplungen. Motorgeneratoren lassen sich starr und elastisch ausführen.



a) *Schaltanordnung* b) *Leistungsverhältnisse der Energieübertragung (ohne Verluste)*

a) Schaltanordnung
- *A, B* die beiden gekuppelten Netze
- *T* Scott-Transformatoranordnung mit den beiden Zweigen *I* und *II*
- *M* Synchronmotor
- *G* Synchrongenerator
- *VM* Verstellmotor zur Ständerverdrehung von *G*

b) Leistungsverhältnisse der Energieübertragung (ohne Verluste)
- α) N_A Leistung im Drehstromnetz
- β) N_I der Wicklung *I* entnommene Einphasenleistung
- γ) N_{II} der Wicklung *II* entnommene Einphasenleistung
- N_M Motorleistung ($N_M = N_{II}$)
- δ) N_g Generatorleistung ($N_g = N_M$), jedoch 90° dagegen verschoben
- ε) N_B Leistungsverlauf des Einphasennetzes *B* ($N_B = N_I + N_g$)
- N_{Bm} Mittelwert der Leistung von N_B ($N_{Bm} = N_A$)

Abb. 7. Beispiel einer Kupplung von Drehstrom 50 Hz mit Einphasenstrom von 50 Hz.

3. Kupplung von Wechselstrom mit Gleichstrom.

Gemäß den eingangs angegebenen Einschränkungen kommen für die hier in Betracht gezogenen Netzarten zur Energieumformung vor allem Stromrichteranordnungen in Frage.

Der grundsätzliche Unterschied zwischen der Leistungsregelung von Gleichstromnetzen und ein- oder mehrphasigen Wechselstromnetzen besteht im folgenden: Bei Wechselstromnetzen bildet die Frequenz und die jeweilige Phasenlage der Wechselspannung ein eindeutiges Kriterium für die Leistungsbeteiligung. Spannungs- und Blindleistungsregelung ist dabei innerhalb verhältnismäßig weiter Grenzen unabhängig von der Leistungsregelung durchführbar. In Gleichstromnetzen fehlt eine derartige Bezugsgröße für die Leistungsregelung. Spannung und Leistungsfluß sind untrennbar miteinander verknüpft. Jede Spannungsänderung an irgendeiner Speisestelle im Netz ändert sofort den gesamten Energiefluß.

Die Regelung von solchen Netzkupplungen hat nach ähnlichen Gesichtspunkten zu erfolgen wie die Regelung von Nebenschlußgeneratoren in einem Gleichstromnetz.

Fließt die Energierichtung umgekehrt vom Gleichstromnetz ins Wechselstromnetz, so gelten für die Leistungsregelung ähnliche Gesichtspunkte wie für die Umrichter.

Zusammenfassung.

Leistungsregelungen in dem hier beschriebenen Umfang sind bis heute nicht ausgeführt worden, da auch Netzkupplungen dieser Art fehlen. Bei den bestehenden Anlagen handelt es sich meist um die Speisung verhältnismäßig kleiner Netze über eine einzige Kuppelstelle. Genau so wie bei den Zusammenschlüssen der Energieversorgungsnetze die zunehmende Verkupplung neue Regelaufgaben gestellt hat, so wird auch bei den hier betrachteten Netzen verschiedener Stromart die Kupplung im größeren Maßstab und insbesondere über mehrere Kuppelstellen das Feld für die Anwendung der Leistungsregelung eröffnen, da nur dadurch eine einwandfreie Beherrschung des Parallelbetriebes möglich ist. Es können aber auch unter Umständen erhöhte Anforderungen an die Regelung der in beiden Netzen parallel arbeitenden Generatoren damit verknüpft sein, die z. B. eine selbsttätige Frequenzhaltung im speisenden Netz voraussetzen, oder verlangen, daß sich auch die Maschinen im gespeisten Netz an der Belastung besonders an ihren Schwankungen in einem gewünschten Sinne und Maß beteiligen. Dies kann durch Regelung der Kuppelstellen allein kaum erreicht werden, sondern erfordert eine zusätzliche Regelung an den Kraftmaschinen. Die Kuppeleinrichtungen übernehmen in einem solchen Netzverband dann Aufgaben als Generatoren besonderer Art, deren Regelung vor allem deswegen aussichtsreich erscheint, weil sie elektrische Regler mit allen Vorzügen von solchen in bezug auf Genauigkeit, Empfindlichkeit, Trägheitslosigkeit, guter Einstellmöglichkeit usw. aufweisen. Die heutige Technik gibt hierzu die Mittel an die Hand.

Netzkupplungen mit umlaufenden Maschinen.

Von **H. Happoldt VDE**, Mannheim.

621. 316. 13. 016. 32 : 621. 314. 52

Übersicht. In nachstehenden Ausführungen wird zunächst auseinandergesetzt, in welchen Fällen Netzkupplungen mit umlaufenden Maschinen in erster Linie in Betracht kommen. Nach Beschreibung der Wirkungsweise der für Netzkupplungen vielfach verwendeten Asynchron-Synchron-Umformer mit Hintermaschinen wird gezeigt, in welcher Weise sich die erforderlichen Regeleinrichtungen für die verschiedenen Betriebsbedingungen entwickelten. Zum Schluß wird auf Betriebsergebnisse einer mit dieser Steuerung ausgerüsteten Anlage hingewiesen.

Die Kupplung von Netzen durch umlaufende Maschinen kommt in erster Linie für den Zusammenschluß von Netzen verschiedener Frequenz in Betracht. Netze gleicher Frequenz werden unmittelbar durch eine Leitung oder in der Regel über Transformatoren in einfacher und wirtschaftlicher Weise verbunden. Die Vorteile, die sich bei der Kupplung durch Motorgeneratoren ergeben, wenn diese nachgiebig ausgeführt wird, und die vor allem in der Erhaltung der Selbständigkeit der beiden Netze und in der Möglichkeit der Regelung der Austauschleistung an der Kuppelstelle selbst bestehen, konnten bisher nicht dazu führen, auch bei der Kupplung von Netzen gleicher Frequenz umlaufende Maschinen zu verwenden. Man nimmt hier heute noch den Nachteil der sogenannten starren Kupplung durch die metallische oder elektromagnetische Verbindung zweier Netze in Kauf, die ein sorgfältiges Aneinanderpassen in der Betriebsführung der zusammengeschlossenen Kraftwerke oder verwickelte Fernregeleinrichtungen verlangt, um den Leistungsfluß über die Kuppelstelle zu beherrschen.

Digitized by Google

Da sich die gesamte Energieversorgung mit Ausnahme des Bahnbetriebes mit Wechselstrom einer Frequenz von 50 Hz durchgesetzt hat, kommen Kupplungen von Netzen verschiedener Frequenz fast nur zwischen Drehstromnetzen von 50 Hz und Einphasenbahnnetzen von 16⅔ Hz in Betracht. Für eine solche Kupplung ist es naheliegend, zwei Synchronmaschinen zu verwenden. Bei der Wahl der Polzahlen im Verhältnis 3 : 1 können die beiden Synchronmaschinen unmittelbar gekuppelt werden, da sich dann die gleiche synchrone Drehzahl ergibt. Die Gebundenheit der Synchronmaschinen an die gleiche synchrone Drehzahl macht diese Kupplung ebenso starr wie die von Netzen gleicher Frequenz über Transformatoren. Sie ist jedoch dieser gegenüber insofern im Nachteil, als sie erheblich empfindlicher gegen Überlastungen ist. Insbesondere wenn die Umformerleistung klein im Verhältnis zur Gesamtleistung der zusammengeschlossenen Kraftwerke ist, kann leicht ein Außertrittfallen eintreten. Man war daher bestrebt Lösungen zu finden, die die Nachteile der starren Kupplung vermeiden.

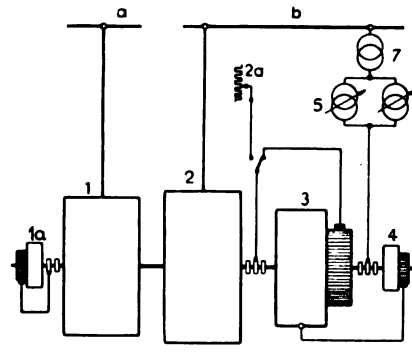
Eine dieser Lösungen ist der Asynchron-Synchron-Motorgenerator mit Kommutatorhintermaschine.

Kuppelt man die Netze statt durch einen Synchron-Synchron-Umformer durch einen Maschinensatz, der aus einer Synchron- und einer Asynchronmaschine besteht, so wird die Drehzahl einer solchen Umformergruppe durch die Frequenz des Netzes bestimmt, an das die Synchronmaschine angeschlossen ist. Das Drehfeld der Asynchronmaschine aber läuft mit einer Geschwindigkeit um, die durch die Frequenz des sie speisenden Netzes gegeben ist: die beiden Netze sind daher nicht mehr durch ein festes Verhältnis ihrer Frequenzen gebunden.

Nehmen wir beispielsweise an, ein Drehstromnetz mit einer Frequenz von 50 Hz sei mit einem Einphasen-Bahnnetz mit einer Frequenz von 16⅔ Hz zusammenzuschließen. Zur Kupplung wird eine Einphasen-Synchronmaschine von 16⅔ Hz mit zwei Polpaaren und eine Asynchronmaschine für 50 Hz mit sechs Polpaaren verwendet. Bei Nennfrequenz beider Netze läuft dann die Umformergruppe mit einer Drehzahl von 500 U/min. Die Asynchronmaschine hat keinen Schlupf und somit fließt keine Leistung über die Umformergruppe. Sinkt die Frequenz des 16⅔ Hz-Netzes um 1 %, so ergibt sich bei einer Frequenz des Drehstromnetzes von 50 Hz ein Schlupf von 1 % für die Asynchronmaschine und die Umformergruppe überträgt die diesem Schlupf entsprechende Leistung der Asynchronmaschine. In gleicher Weise wirkt sich eine Änderung der Frequenz von 50 Hz auf die Leistung der Asynchronmaschine aus.

Liegt die Frequenz der Asynchronmaschine höher als die der Synchronmaschine, so fließt Leistung vom Drehstromnetz zum Einphasenbahnnetz und umgekehrt. Der Schlupf der Asynchronmaschine und damit die Leistung des Umformers ist durch das Frequenzverhältnis der beiden Netze bestimmt. Wohl ist es möglich, in den Läuferkreis der Asynchronmaschine einen äußeren regelbaren Widerstand einzuschalten und damit die einem bestimmten Schlupf zugeordnete Leistung zu verringern. Jedoch ist diese Regelung nicht wirksam bei Synchronismus und kann nur die durch die Frequenz beider Netze bestimmte motorische oder generatorische Leistung der Asynchronmaschine ändern, jedoch nicht willkürlich die Richtung der Energieübertragung beeinflussen. Zudem ist sie mit hohen Verlusten verknüpft, da die im Läuferkreis auftretende elektrische Leistung in nutzlose Wärme umgewandelt wird.

Erst der Netzkupplungsumformer mit Kommutatorhintermaschine ermöglichte die beinahe verlustlose Regelung nach beliebigen Gesetzmäßigkeiten. Wie erwähnt, bestimmt das Frequenzverhältnis der beiden Netze den Schlupf des Asynchronmotors und bei gleichbleibendem Läuferwiderstand die Leistung, die der Asynchron-Synchron-Umformer ohne Hintermaschine aufnimmt. Diese zwangsweise Abhängigkeit der Leistung von den Frequenzen der beiden Netze kann dadurch aufgehoben werden, daß man in den Läuferkreis der Asynchronmaschine eine Spannung einführt. Diese Fremdspannung muß, um die vom Drehfeld induzierte Schlupfspannung beeinflussen zu können, stets Schlupffrequenz aufweisen. Hat die resultierende Schlupfspannung die gleiche Richtung wie die Schlupfspannung, die bei untersynchronem Lauf der Asynchronmaschine ohne eingeführte Zusatzspannung induziert würde, so läuft die Asynchronmaschine als Motor und treibt den Synchrongenerator an. Weist die resultierende Schlupfspannung entgegengesetzte Richtung auf, so entspricht dies übersynchronem Betrieb der Asynchronmaschine, sie wird zum Asynchrongenerator und zwingt die Synchronmaschine zur Leistungsaufnahme. Ein bemerkenswerter Sonderfall ist bei relativer Frequenzgleichheit der Netze gegeben. Im Läufer der Asynchronmaschine wird keine Spannung induziert. Eine fremde eingeführte Spannung, die dann die Leistung des Umformers bestimmt, muß die Frequenz 0 aufweisen; d. h. die Beherrschung des Leistungsaustausches im Synchronismus verlangt die Speisung des Läufers der Asynchronmaschine mit Gleichstrom.



a Einphasennetz, 16⅔ Hz
b Drehstromnetz, 50 Hz
1 Synchronmaschine
1a Erreger dazu
2 Asynchronmaschine
2a Anlasser dazu
3 Scherbiusmaschine
4 Frequenzwandler
5 Drehtransformator für die Blindleistung
6 Drehtransformator für die Wirkleistung
7 Hilfstransformator

Abb. 1. Grundsätzliche Schaltung eines Netzkupplungsumformers.

Das zwangsläufige Anpassen der Frequenz der in den Läuferkreis einzuführenden Spannung an die Schlupffrequenz der Asynchronmaschine bedingt die Verwendung eines Frequenzwandlers. Dieser besteht aus einem Gleichstromanker, der ähnlich wie ein Einankerumformer aufgebaut ist. Er erhält eine Gleichstromwicklung, die an drei um 120° elektrisch versetzten Punkten angezapft und an Schleifringe geführt ist. Auf dem Kommutator sind drei um 120° versetzte Bürstenreihen angebracht. In seiner einfachsten Form hat der Frequenzwandler keinen Ständer, sondern nur einen geschlossenen Eisenring. Steht der Frequenzwandler und wird an seine Schleifringe eine Spannung mit 50 Hz gelegt, so beträgt die Bürstenfrequenz entsprechend der Geschwindigkeit des Drehfeldes gegenüber den Bürsten ebenfalls 50 Hz. Wird der Frequenzwandler entgegen dem Drehfeld mit der Geschwindigkeit des Drehfeldes angetrieben, so kann an den Bürsten eine Gleichstromspannung abgenommen werden. Durch die starre Kupplung des Frequenzwandlers mit einem Asynchron-Synchron-Umformer wird erreicht, daß die Bürstenfrequenz des Frequenzwandlers stets gleich der Schlupffrequenz ist, da diese ebenfalls durch den Geschwindigkeitsunterschied zwischen dem vom 50 Hz-Netz erzeugten Drehfeld und der Drehzahl des Läufers der Asynchronmaschine bestimmt ist. Die Spannung am Kommutator des Frequenzwandlers ist ebenso groß wie die Spannung an den Schleifringen. Durch Änderung der Größe und Richtung der Schleifringspannung wird auch die Größe und Richtung der im Läuferkreis der Asynchronmaschine resultierenden Spannung beeinflußt und damit die Größe der Wirk- und Blindleistung der Asynchronmaschine bestimmt. Auch durch Verschieben der Bürsten des Frequenzwandlers kann die Richtung der Spannung, die der Frequenzwandler abgibt, geändert werden.

Digitized by Google

Die Regelung der Wirkleistung des Umformers und der Blindleistung der Asynchronmaschine wird daher in einfacher Weise auf die Steuerung der dem Frequenzwandler zugeführten Spannung zurückgeführt. In der Praxis wird die beschriebene Lösung nicht ausgeführt, da technische Schwierigkeiten für den Bau der verhältnismäßig großen Frequenzwandler bestehen und auch die Regeleinrichtung verhältnismäßig teuer ausfallen würde. In der Regel dient der Frequenzwandler nur als Erregermaschine einer weiteren Drehstrom-Kommutatormaschine, die an die Schleifringe der Drehstrom-Asynchronmaschine angeschlossen ist. Abb. 1 zeigt die grundsätzliche Schaltung eines Umformers zur elastischen Kupplung eines Drehstromnetzes von 50 Hz mit einem Einphasennetz von 16⅔ Hz, wobei die an den Schleifringen angeschlossene Hintermaschine als Scherbiusmaschine ausgeführt ist[1]).

Abb. 2 zeigt einen Netzkupplungsumformer, bemessen für folgende Größen:

Leistung der Einphasen-Synchronmaschine und der Dreiphasen-Asynchronmaschine

als Generator:	je 8 600 kVA bei $\cos\varphi = 0{,}7$ übererregt
als Motor:	6 700 kW bei $\cos\varphi = 1$
Betriebsspannung:	einphasenseitig 10 kV drehstromseitig 8 kV
Frequenz:	einphasenseitig $16^2/_3 \pm 3\%$ drehstromseitig $50 \pm 1\%$ Hz
Drehzahl:	$500 \pm 3\%$ U/min.

Ausgehend von dem Grundgedanken, daß durch Einführen einer Spannung in den Läuferkreis der Asynchronmaschine, die die Schlupfspannung jederzeit aufhebt, die Abhängigkeit der Leistung der Asynchronmaschine vom Frequenzverhältnis der beiden Netze aufgehoben wird und daß dann eine weitere eingeführte Spannung allein für die Leistung bestimmend ist, wurden auch Schaltungen ausgeführt, die unter Verzicht auf jegliche selbsttätige Regler eine praktisch konstante Leistungsübertragung ermöglichen.

Die Forderung einer erhöhten Regelgenauigkeit zwang jedoch zur Verwendung von selbsttätigen Reglern. Meistens werden die Netzkupplungsumformer dadurch gesteuert, daß, wie Abb. 1 zeigt, dem Frequenzwandler zwei zueinander senkrechte Spannungen durch entsprechend geschaltete Doppeldrehtransformatoren zugeführt werden. Die Stellung der beiden Doppeldrehtransformatoren ist dann ein Maß für die Wirkleistung des Umformers und für die Blindleistung der Asynchronmaschine.

Um die Netzkupplungsumformer ähnlich wie von Turbinen angetriebene Stromerzeuger mit konstanter Leistung (konstanter Öffnung der Turbine entsprechend) oder in Abhängigkeit der Frequenz (einer bestimmten Statik der Drehzahlverstelleinrichtung des Turbosatzes entsprechend) betreiben zu können, wurde eine Steuerung entwickelt, die den Erfordernissen im Einzel- und Parallelbetrieb in jeder Hinsicht genügt.

Zur Regelung der Wirkleistung wird der Doppeldrehtransformator nach Abb. 3 von einem als Ventilregler ausgebildeten Nulleistungsregler über einen Öldrucksteuerkolben betätigt. Die Öldrucksteuerung verbürgt eine hohe Verstellgeschwindigkeit des Drehtransformators. Die Kommutator-Hintermaschinen haben, da für sie geblättertes Eisen verwendet wird, eine sehr kleine Zeitkonstante, so daß sich die vom Nulleistungsregler gegebenen Anstöße sehr rasch auswirken. Dieser Regler hat ein Ferrarisdrehsystem mit einer Spannungswicklung, die

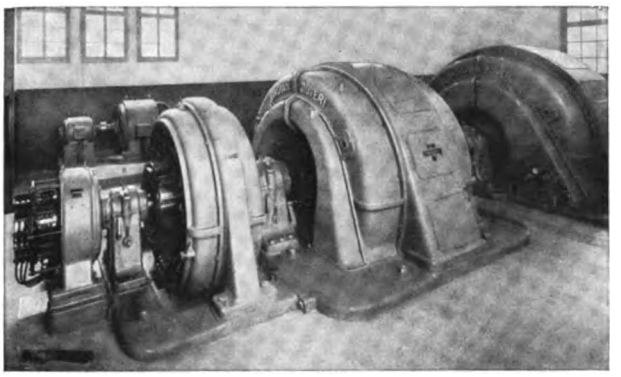
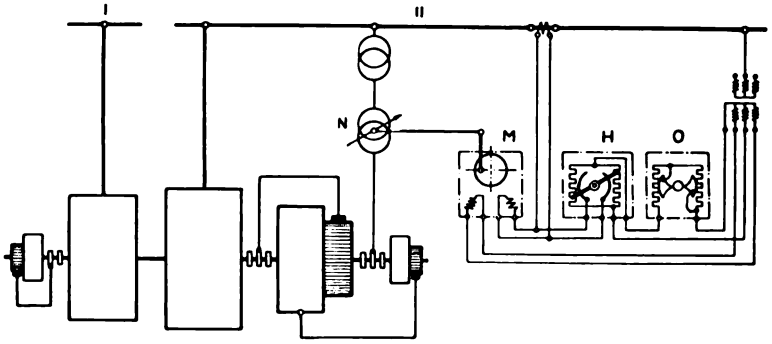


Abb. 2. Netzkupplungsumformer
8600 kVA; $\cos\varphi = 0{,}7$; $50/16^2/_3$ Hz; 8/10 kV.

über einen Dreiphasen-Spannungswandler an die verkettete Spannung der Asynchronmaschine angeschlossen ist. Die Stromwicklung wird von einem Stromwandler gespeist, der in der Phase liegt, von der die Spannung nicht abgenommen wird. Durch Einstellen mit Widerständen wird das auf die Ferrarisscheibe ausgeübte Drehmoment ausschließlich von der Wirkleistung abhängig gemacht. Der Leistungsregler steuert den Drehtransformator so, daß, wenn an der Anschlußstelle Leistung fließt, der Drehtransformator auf Leistungsverringerung regelt. Der Regler kommt jeweils bei 0-Leistung in den Ruhezustand. Durch Einführen eines Stromes in den Strompfad des Nulleistungsreglers nach Abb. 4, der durch entsprechenden Anschluß an die dritte Phase des Dreiphasen-Spannungswandlers die gleiche Phasenlage wie der vom Stromwandler gelieferte Strom erhält, werden dem Nulleistungsregler Leistungen vorgetäuscht und er verstellt demzufolge den Drehtransformator, bis die Asynchronmaschine sich so stark belastet hat, daß der vom Stromwandler dem Drehsystem zugeführte Strom entgegengesetzt gleich groß wie der eingespeiste Strom geworden ist.



N Drehtransformator *H* Handspannungsteiler
M Nulleistungsregler *O* selbsttätiger Spannungsteiler

Abb. 3. Steuerschaltung.

Um jeden beliebigen Leistungswert generatorisch oder motorisch einstellen zu können, wird ein Spannungsteiler in Brückenschaltung in den Einspeisekreis des Nullleistungsreglers eingeschaltet. In der Mittelstellung wird keine Spannung abgegriffen; der Leistungsregler steuert auf Leistung 0, in der einen Endstellung wird auf höchste motorische, in der anderen auf höchste generatorische Leistung der Asynchronmaschine geregelt.

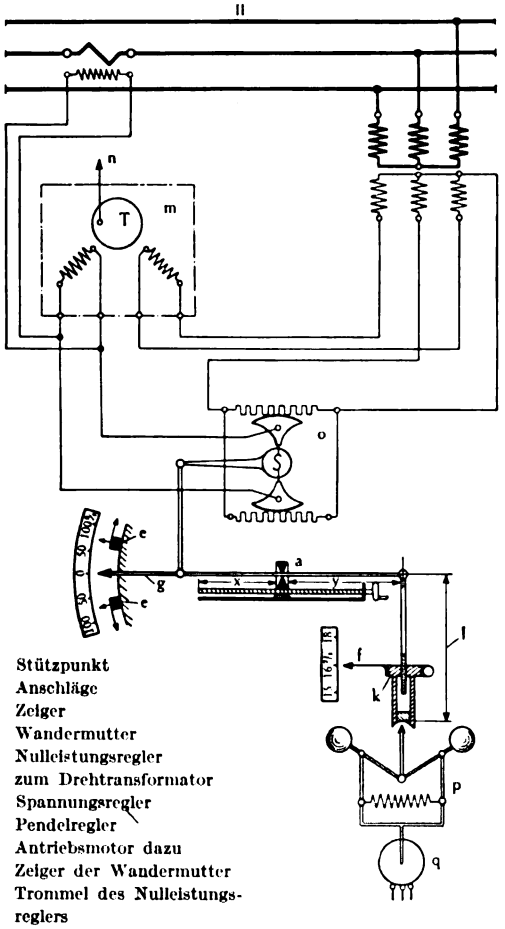
Um eine Regelung in Abhängigkeit der Frequenz des einen Netzes zu erreichen, muß die Stellung des Spannungsteilers abhängig von der Frequenz verändert werden. Zu diesem Zweck wird in Reihe mit dem Spannungsteiler für Handbetätigung ein selbsttätiger Spannungs-

[1]) BBC-Mitt. 12 (1925) S. 32. — W. Seiz, Elektrotechn. u. Maschinenb. 42 (1924) S. 110.

Digitized by Google

teiler geschaltet, der ähnlich aufgebaut ist wie der Wälzsektorenregler. Die Sektoren des selbsttätigen Einstellreglers werden, wie Abb. 4 zeigt, über ein Gestänge von einem Pendelregler verstellt. Der Motor des Pendelreglers wird unmittelbar oder mittelbar an das Netz angeschlossen, dessen Frequenz die Leistung bestimmen soll. Die gezeichnete Stellung des selbsttätigen Einstellreglers entpricht Nulleistung. Der Leerlauf-Frequenzwert kann durch Verschieben der Wandermutter *k*, die motorisch verstellbar ist, verändert werden, so daß der Netzkupplungsumformer in einfacher Weise synchronisiert werden kann.

An Stelle eines Pendelreglers wird neuerdings ein elektrischer Frequenzregler verwendet, der über eine Drosselspule und einen Kondensator an die Spannung der



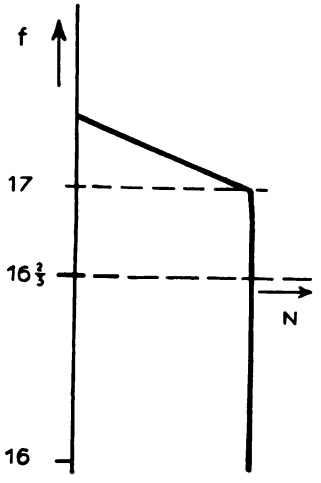
a Stützpunkt
e Anschläge
g Zeiger
k Wandermutter
m Nulleistungsregler
n zum Drehtransformator
o Spannungsregler
p Pendelregler
q Antriebsmotor dazu
f Zeiger der Wandermutter
T Trommel des Nulleistungsreglers

Abb. 4. Regelung durch selbsttätigen Spannungsteiler und Pendelregler.

Frequenz angeschlossen wird, in deren Abhängigkeit geregelt werden soll. Dieser Regler ist ähnlich wie der Wälzsektorregler aufgebaut. Die Drossel ist regelbar, so daß die Sollfrequenz einstellbar ist. Durch Verwendung dieses Gerätes, das fast keiner Abnützung unterworfen ist, wird eine hohe Regelgenauigkeit und -geschwindigkeit bei größter Betriebssicherheit erreicht.

Die Leistung, mit der der Umformer belastet wird, ist an dem Zeiger *g* erkennbar. Durch Ändern der Hebelarme *x* und *y*, indem der Stüzpunkt *a* verschoben wird, läßt sich die Statik des Umformers, d. h. die der Frequenz zugeordnete Leistung, in den für Parallelbetrieb mit anderen Stromerzeugern erforderlichen Grenzen einstellen.

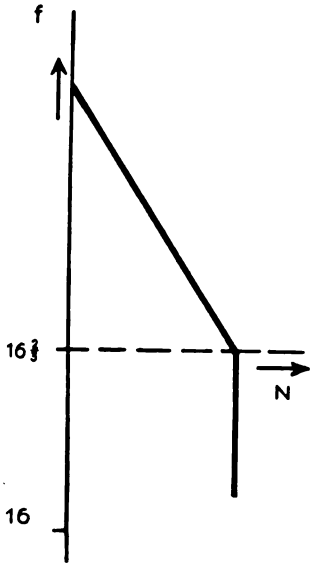
Auch bei Regelung auf konstante Leistung, unabhängig von den Frequenzschwankungen der beiden Netze, bleibt der selbsttätige Einstellregler eingeschaltet. Man geht dann in der Weise vor, daß die Leistungsbegrenzungs-Einrichtung *e*, die ebenfalls fernbetätigt werden kann, auf den gewünschten Leistungswert eingestellt wird. Die Leerlauffrequenz des Umformers wird nach der Parallelschaltung erhöht, bis der Maschinensatz sich so stark belastet hat, daß der Zeiger *g* an den Anschlag für die Leistungsbegrenzung zu liegen kommt. Der Leerlauffrequenzwert wird dann noch etwas höher eingestellt, so daß er außerhalb der betriebsmäßig auftretenden Frequenzerhöhungen liegt. Im ungestörten Betrieb beeinflußt dann die Frequenz die Stellung des selbsttätigen Einstellreglers nicht, der Umformer bleibt mit konstanter Leistung belastet.



N Leistung } des Bahnmotors
f Frequenz }

Abb. 5. Kennlinie eines Netzkupplungsumformers bei Regelung auf konstante Leistung bis zu einer Grenzfrequenz.

Nehmen wir nun an, die konstante Leistung abgebende Synchronmaschine wird infolge eines Kurzschlusses abgeschaltet. Durch die eingeschaltete Leistungsregelung wird eine Beschleunigung der Umformergruppe herbeigeführt. Die Drehzahlerhöhung wird jedoch nur so weit getrieben, bis beim Erreichen der Drehzahl, die dem eingestellten Leerlauffrequenzwert entspricht, der Zeiger vom Leistungsbegrenzungsanschlag sich löst, wodurch dann der Leistungs-Sollwert auf 0 herabgesetzt wird. Die eingeschaltete frequenzabhängige Regelung dient, wie ersichtlich, bei Regelung auf konstante Leistung als Schutzeinrichtung gegen Drehzahlerhöhung.



N Leistung } des Bahnmotors
f Frequenz }

Abb. 6. Kennlinie eines Netzkupplungsumformers bei Regelung in Abhängigkeit von der Bahnfrequenz bis zu einer Grenzleistung.

In ähnlicher Weise verhindert bei Regelung in Abhängigkeit von der Frequenz die Leistungsbegrenzungseinrichtung eine Überlastung der Maschine bei ungewöhnlichen Frequenzsenkungen. Die Leistung nimmt beim Sinken der Frequenz nur so weit zu, bis der Zeiger an den Anschlag für die Leistungsbegrenzung zu liegen kommt. Diese Maßnahme führt dazu, daß Abschaltungen der Umformergruppe bei Netzstörungen soweit wie möglich eingeschränkt werden.

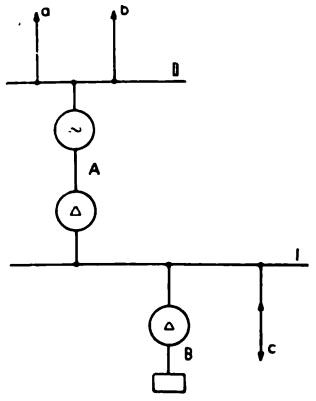
Abb. 5 zeigt die Kennlinie eines Umformers, der auf konstante Leistung bis zu einer höchsten Frequenz von 17 Hz geregelt wird. Da es unerwünscht ist, in dem dann zu schnell laufenden Netz durch Aufrechterhaltung der Leistung, auf die die Umformergruppe eingestellt ist, die Frequenz noch höher zu treiben, greift bei der eingestellten Grenzfrequenz die

Digitized by Google

frequenzabhängige Regelung ein und verringert die Leistung bei weiterer Frequenzerhöhung allmählich auf 0.

Abb. 6 zeigt die Kennlinie eines Umformers, dessen Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz mit einer Statik von 6 % geregelt wird. Wenn also die parallel arbeitenden Stromerzeuger mit gleicher Leerlauf-Drehzahl und gleicher Statik betrieben werden, so übernimmt der Umformer einen Lastanteil, der verhältnisgleich seiner Größe zur Gesamtlast ist. Wird die Statik des Umformers kleiner gewählt, so wird dem Umformer ein entsprechend größerer Anteil der Gesamtlast zugeordnet. Bei einer Belastung von 100 % wird durch die Leistungsbegrenzung eine Überlastung der Umformergruppe verhindert.

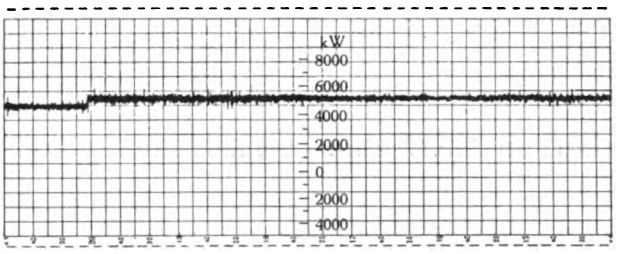
Der Netzkupplungsumformer kann auch zur Pufferung herangezogen werden, indem z. B. die Leerlauffrequenz des Umformers auf die normale Betriebsfrequenz des Bahnnetzes eingestellt wird. Sinkt die Frequenz des Bahnnetzes, so wird vom Drehstromnetz über den Umformer Energie an das Bahnnetz geliefert. Steigt die Bahnfrequenz über den normalen Betriebswert, so wird Leistung dem Einphasennetz entzogen und an das Netz der Asynchronmaschine abgegeben. Die Größe der Lastübernahme im Pufferbetrieb ist wieder durch die eingestellte Statik gegeben. Die zur Pufferung zur Verfügung stehende Leistung ist doppelt so groß wie die Umformerleistung, da jede Maschine generatorisch oder motorisch voll belastbar ist.



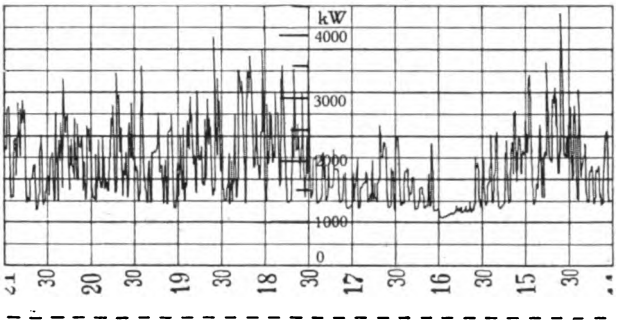
a, b, c Abzweige *II* Einphasen-
I Drehstromnetz bahnnetz
A Umformer B Drehstromkraftwerk

Abb. 7. Grundsätzliche Anordnung des 8500 kVA-Umformers.

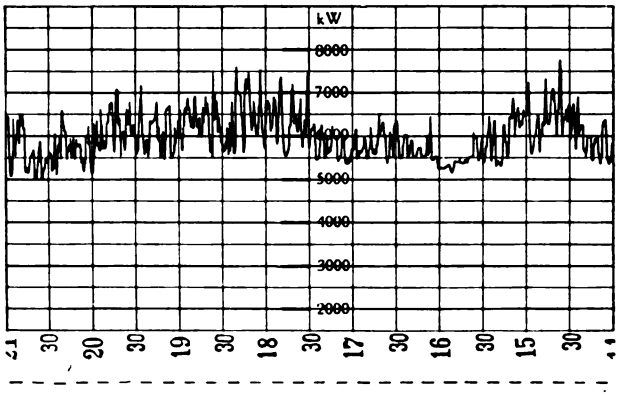
Die Betriebsergebnisse, die bei Netzkupplungsumformern, die, wie vorbeschrieben geregelt, erzielt werden, seien an Hand von Abb. 7 und Abb. 8 erläutert. Es handelt sich hier um einen Umformer von 8500 kVA, der das Drehstromnetz I mit einem Einphasen-Bahnnetz II elastisch kuppelt. Beide Sammelschienen sind mit Zentralen verbunden. Der Abzweig *b* versorgt ein Bahnnetz ohne generatorische Einspeisung. Es ist nun die Aufgabe gestellt, den Umformer so zu regeln, daß an den Abzweig *a* eine beliebig einstellbare gleichbleibende Leistung abgegeben wird und zugleich die Leitung *b* mit einer durch den Bahnbetrieb bedingten veränderlichen Belastung versorgt wird; die Summe beider Leistungen darf die Belastungsgrenze der Maschinen nicht überschreiten. Aus den Abb. 8 a und b geht hervor, daß die Leistungsabgabe an den Abzweig *a* bei gleichzeitig stark veränderlichem Strombedarf des Abzweiges *b* mit einer Genauigkeit von ± 250 kW, die einem Spiel von etwa ± 4 %, bezogen auf die Nennleistung des Umformers von 6370 kW, entspricht, konstant gehalten wird. In der Zeit von 14^{00} bis 20^{00} wurden 5000 kW abgegeben, ab 20^{00} wurde der Leistungssollwert auf 4500 kW herabgesetzt. Abb. 8 c zeigt die Gesamtaufnahme des Umformers aus dem Drehstromnetz, die der Summe der an die Abzweige *a* und *b* abgegebenen Leistung entspricht. Deutlich erkennbar ist, daß die Schwungmassen des Umformers die Belastungsspitzen, herrührend von dem Bahnbetrieb, stark brechen. Aus Abb. 8 d gehen die im Bahnnetz während der betrachteten Zeit aufgetretenen Frequenzänderungen hervor.



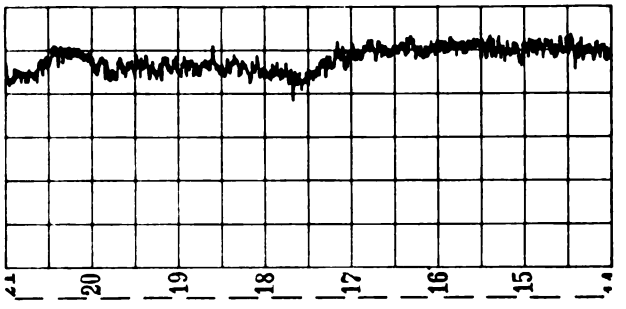
a. Leistungsaufnahme im Speisekabel *a*.



b. Wirkleistung des Bahnbetriebes (Leitung *b*).



c. Auf der Dreiphasenseite gemessene Gesamtleistung des Umformers.



d. Frequenz im Einphasenbahnnetz *a*.

Abb. 8a bis d. Leistungs- und Frequenzdiagramme des Umformerbetriebes nach Abb. 7.

Zusammenfassung.

Die Steuerung von Frequenzumformergruppen ist, wie aus Vorstehendem hervorgeht, in den letzten Jahren sehr vereinfacht und den geläufigen Steuerungen von Wärmekraftmaschinen oder Turbinen angepaßt worden; die Regelung läßt sich ohne weiteres in beiden Energierichtungen durchführen. Die beschriebene Steuerung hat sich bei einer großen Zahl von Umformeranlagen größerer Leistung sowohl im Parallelbetrieb von Frequenzumformern untereinander als auch im Parallelbetrieb mit anderen Stromerzeugern bewährt.

Digitized by Google

Stromrichter zum Leistungsaustausch zwischen Drehstrom- und Gleichstromnetz.

Von K. Baudisch und W. Leukert VDE, Berlin.

621. 316. 1. 016. 31 : 621. 314. 6

Übersicht. Die Stromrichtertechnik bringt für die Aufgabe der gleitenden Kupplung von Wechselstromnetzen neue Lösungsmöglichkeiten mit ruhenden Geräten, durch die höhere Wirkungsgrade erreicht werden. Besonders vorteilhaft sind Stromrichter für die Energieversorgung von Gleichstrom-Bahnnetzen aus den Netzen der allgemeinen Landesversorgung. Die Bedingungen des Leistungsaustausches zwischen Drehstrom- und Gleichstromnetzen sind von umlaufenden Umformern her bekannt. Bei Verwendung von Stromrichtern muß nur dafür gesorgt werden, daß die übertragene Leistung von den Schwankungen der Drehstromspannung unabhängig wird. Der Aufsatz zeigt, daß dieser Einfluß leicht durch eine Kompoundierung über die Gittersteuerung beseitigt werden kann. Verschiedene Schaltungen werden angegeben, die für einen Leistungsaustausch zwischen Drehstromnetz und Gleichstromnetz in Frage kommen, wobei besonders eine Anordnung näher behandelt wird, die mit zwei Gefäßen in Kreuzschaltung arbeitet, von denen das größere umschaltbar ist. Dabei wird auf die Bedingungen für die richtige Wahl der Leerlaufspannungen zum stufenlosen Übergang vom Gleich- auf Wechselrichterbetrieb bei möglichst günstigem Leistungsfaktor eingegangen und die Wirkungsweise einer solchen Anordnung näher beschrieben. Schließlich wird auf die wirtschaftlichen Vorteile hinsichtlich Wirkungsgrad hingewiesen.

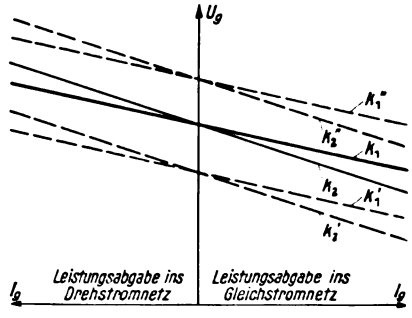
Die hervorragenden Regeleigenschaften des Stromrichters machen ihn besonders geeignet, die verwickelten und schwierigen Regelbedingungen zu erfüllen, die der Netzkupplungsbetrieb stellt. Der Stromrichter kann sowohl zur Kupplung zweier Drehstromnetze als auch zur Kupplung eines Drehstromnetzes mit einem Gleichstromnetz herangezogen werden. Im folgenden sollen Wirkungsweise und Betriebsbedingungen des Stromrichters bei wechselseitigem Leistungsaustausch zwischen einem Drehstrom- und einem Gleichstromnetz behandelt werden.

Während bei den Stromrichtern in der Umrichterschaltung die Gittersteuerung dazu benutzt wird, um aus den Phasenspannungen des Drehstromnetzes entsprechende Stücke herauszuschneiden und zur gewünschten Phasenspannung des Einphasennetzes zusammenzufügen, wird beim Wechselstrom - Gleichstrom - Umformer die Gleichspannung auf natürliche Weise ohne Zuhilfenahme der Gittersteuerung gebildet.

Auch bei Wechselrichterbetrieb, der grundsätzlich die Gittersteuerung benötigt, ist nur eine konstante Steuerspannung erforderlich, die nicht periodisch verändert zu werden braucht. Die Gittersteuerung steht also vollkommen zur Einstellung und Beeinflussung der Betriebskennlinien nach den Erfordernissen der Leistungsübertragung zwischen den beiden Netzen zur Verfügung.

Die grundsätzlichen Bedingungen des Leistungsaustausches zwischen Drehstrom- und Gleichstromnetzen sind von den umlaufenden Umformern her bekannt. Beim Motorgenerator ist die übertragene Leistung durch die Strom-Spannungs-Kennlinie der Gleichstrommaschine bestimmt und nur von der Größe der Spannung im Gleichstromnetz abhängig. Diese Abhängigkeit des Gleichstromes von der Gleichspannung kann, wie Abb. 1 zeigt, durch Kompoundierung der Gleichstrommaschine verändert werden. Die Leistung wird durch Parallelverschiebung der Kennlinie mit Hilfe des Feldreglers der Gleichstrommaschine eingestellt. Wenn die Netzspannung kleiner ist als die Leerlaufspannung der Gleichstrommaschine, so wirkt diese als Generator und gibt Leistung ins Gleichstromnetz ab; ist die Netzspannung größer als die Klemmenspannung, so wirkt die Gleichstrommaschine als Motor, der Drehstrom-Antriebsmotor wird zum Generator und liefert Energie ins Drehstromnetz.

Wird das Gleichstromnetz von Generatoren gespeist, die durch Kraftmaschinen angetrieben werden, so wird bei einer Kupplung dieses Gleichstromnetzes mit einem Drehstromnetz meistens die Forderung gestellt, daß das Drehstromnetz die im Gleichstromnetz zusätzlich erforderliche Leistung liefert. Leistungsbedarf im Gleichstromnetz wird sich in einer Spannungsabsenkung und Leistungsüberschuß in einer Spannungserhöhung auswirken. Die Leistungsübertragung des Umformers muß also spannungsabhängig sein, und diese Bedingung erfüllt ohne weiteres der Motorgenerator. Der Umformer wirkt dabei spannungshaltend im Gleichstromnetz. Wenn im Gleichstromnetz keine netzeigenen Generatoren vorhanden sind und die gesamte Gleichstromleistung aus dem Drehstromnetz bezogen werden soll, ist es zweckmäßig, mit Rücksicht auf einen guten Wirkungsgrad der Umformung, die Mehrzahl der Umformer mit konstantem Strom zu betreiben und nur einen oder wenige Motorgeneratoren mit der spannungsabhängigen Energielieferung zu betrauen. Wird die Übertragung einer konstanten Leistung bzw. eines konstanten Stromes aus dem Drehstromnetz ins Gleichstromnetz gefordert, so kann dies durch Beeinflussung der Erregung der Gleichstrommaschine in Abhängigkeit von der übertragenen Leistung oder vom Netzstrom ausgeführt werden.



k_1 natürliche Strom-Spannungs-Kennlinie
k_2 Strom-Spannungs-Kennlinie durch Kompoundierung gedreht
k_1', k_1'', k_2', k_2'' Strom-Spannungs-Kennlinien parallel verschoben

Abb. 1. Strom-Spannungs-Kennlinien eines Motorgenerators.

Bei dem verhältnismäßig seltenen Fall der umgekehrten Energieübertragung vom Gleichstromnetz ins Drehstromnetz würde auch die übertragene Leistung, entsprechend der Strom-Spannungs-Kennlinie, von der Größe der Gleichspannung abhängig werden. Dies wird nur dann zulässig sein, wenn das Drehstromnetz in seiner Leistung groß ist gegenüber dem Gleichstromnetz. Soll das Gleichstromnetz jedoch zur Energiepufferung für das Drehstromnetz herangezogen werden, so muß die übertragene Leistung von der Höhe der Gleichstromnetz-Spannung unabhängig und von der Frequenz des Drehstromnetzes abhängig gemacht werden. Man führt dies zweckmäßig über einen mechanischen Regler aus, der in Abhängigkeit von der Drehstromfrequenz den Feldregler der Gleichstrommaschine verstellt. Soll dagegen eine konstante Leistung aus dem Gleichstromnetz ins Drehstromnetz übertragen werden, so wird dieser Regler in Abhängigkeit vom Drehstrom oder Gleichstrom die Erregung der Gleichstrommaschine beeinflussen.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse, wenn als Umformer zwischen Drehstrom- und Gleichstromnetz ein

Digitized by Google

Stromrichter verwendet wird. Dann ergeben sich ähnliche Betriebsbedingungen, wie sie vorliegen, wenn man die Netze über einen Einankerumformer kuppeln würde (Abb. 2). Die von einem in das andere Netz übertragene Leistung wird dann nicht nur von der Spannung des Gleichstromnetzes, sondern auch von der Drehstromspannung abhängig. Da man bei der Netzkupplung die übertragene Leistung in den weitaus meisten Fällen vom Leistungsbedarf des gespeisten Netzes abhängig macht, muß man den Einfluß der Spannung des speisenden Netzes beseitigen, falls in diesem Netz größere Spannungsschwankungen auftreten können. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich wie bei asynchronen Maschinenumformern zur Kupplung von Wechselstromnetzen, wo die übertragene Leistung vom Schlupf zwischen den beiden Netzfrequenzen abhängig ist. Dem Schlupf des asynchronen Umformers entspricht bei der Wechselstrom-Gleichstrom-Umformung mit Einankerumformern oder Stromrichtern die jeweilige Differenz zwischen der Gleichstrom-Netzspannung und der von diesen Umformern abgegebenen Gleichspannung, die der Wechselspannung verhältnisgleich ist.

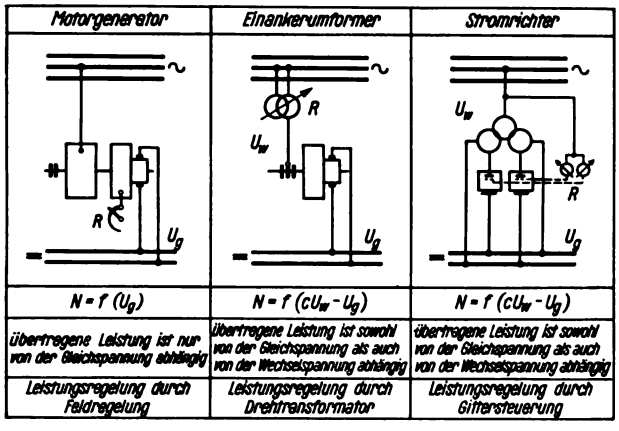


Abb. 2. Grundschaltungen für Wechselstrom-Gleichstrom-Netzkupplungsumformer.

Bei konstanter Drehstromspannung gelten für die übertragene Leistung die gleichen Bedingungen wie beim Motorgenerator, d. h. die Neigung der Strom-Spannungs-Kennlinie ist maßgebend für die übertragene Leistung. Spannungsänderungen im Drehstromnetz haben Parallelverschiebungen dieser Betriebskennlinie zur Folge, die wieder rückgängig gemacht werden müssen, wenn die übertragene Leistung von der Höhe der Gleichspannung abhängig sein soll. Beim Einankerumformer kann die Betriebskennlinie nur durch Änderung der zugeführten Wechselspannung parallel verschoben werden, z. B. über einen Drehtransformator und beim Stromrichter durch die Gittersteuerung. Darauf soll später noch eingegangen werden. Wegen der einseitigen Stromdurchlässigkeit der Gefäße ist ein Wechsel der Energierichtung beim Stromrichter nur durch Spannungsumkehr möglich, die ein Vertauschen der Gleichstromanschlüsse erfordert. Die Spannungsumkehr auf der Netzseite macht gleichzeitig eine Umkehr der vom Stromrichter gelieferten Gleichstrom-Gegenspannung notwendig, die durch Aussteuerung der negativen Halbwellen der Wechselspannung erreicht wird. In Stromrichteranlagen, bei denen betriebsmäßig ein dauernder Wechsel der Energierichtung eintritt, kann man die oftmalige Umschaltung der Gleichstrom-Netzanschlüsse vermeiden, indem man zwei Stromrichtergefäße anordnet, die mit vertauschter Polarität an das Gleichstromnetz angeschlossen werden. Solche Kreuzschaltungen mit zwei Gefäßen, wie sie in Abb. 3 dargestellt sind, werden z. B. bei motorischen Antrieben mit dauerndem Energiewechsel, wie Förderanlagen und Umkehrwalzenstraßen, notwendig. Stromrichteranlagen für die Kupplung von Drehstromnetzen mit Gleichstromnetzen wird man auch mit zwei Gefäßen in Kreuzschaltung ausführen müssen, wenn die Energierichtung oft wechselt. Solche Bedingungen liegen z. B. vor bei Stromrichteranlagen zur Speisung von elektrischen Bahnen mit Gefällstrecken, wenn Nutzbremsung der zu Tal fahrenden Züge gefordert wird. Bei Anlagen, die mit einem umschaltbaren Gefäß arbeiten, hat sich gezeigt, daß beim Befahren einer Gefällstrecke oftmaliges Umschalten und Wiederzurückschalten eintritt, wenn Kurven in dieser Gefällstrecke vorhanden sind, wie es bei Gebirgsbahnen fast immer der Fall sein wird. Anordnungen mit zwei Stromrichtergefäßen und zwei Transformatoren oder einem Transformator mit zwei Sekundärwicklungen sind kostspielig, weil die beiden Gefäße für die volle Stromstärke ausgelegt werden müssen bei verhältnismäßig seltenem Betrieb des als Wechselrichter arbeitenden Stromrichters. Mit Rücksicht auf die hohen Kosten einer solchen Anlage hat man Anordnungen geschaffen, bei denen die Gefäße in der Kreuzschaltung umgeschaltet werden, wobei gleich große oder verschieden große Gefäße verwendet werden. Welche von den Anordnungen gewählt werden kann, hängt von dem Belastungsverhältnis des gespeisten Netzes ab.

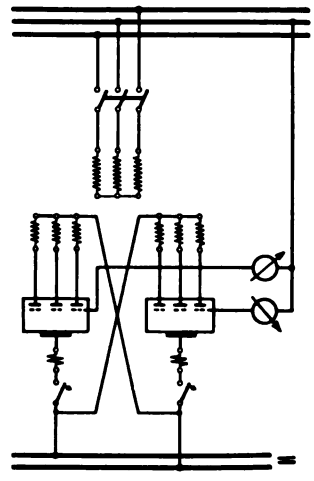


Abb. 3. Stromrichteranlage für wechselseitige Leistungsübertragung zwischen Drehstrom- und Gleichstromnetz.

In Abb. 4 ist z. B. der Leistungsbedarf eines Netzes dargestellt, bei dem abwechselnd Leistung ins Gleichstromnetz abgegeben und ins Drehstromnetz zurückgeliefert wird, wobei die Belastungsspitzen nach beiden Seiten der Übertragung wenig voneinander verschieden sind. Für solche Belastungsverhältnisse wird man nur eine Kreuzschaltung mit zwei gleich großen Gefäßen ausführen können, die für die volle Stromstärke bemessen sind. Die Betriebskennlinie einer solchen Anordnung ist in Abb. 5 dargestellt. Durch Wahl des Übersetzungsverhältnisses der Stromrichter-Transformatoren für Gleichrichterbetrieb und Wechselrichterbetrieb ist es möglich, die Betiebskennlinie so zu legen, daß ein stetiger Übergang vom Gleichrichter- auf Wechselrichterbetrieb eintritt. Auch die bei Verwendung von größeren Glättungsdrosselspulen oder Saugdrosselspulen auftretenden Spannungserhöhungen bei sehr kleinen Belastungsströmen haben nur geringe Kreisströme über beide Gefäße und beide Netze zur Folge.

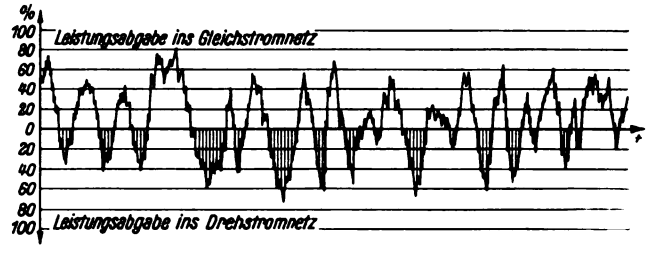


Abb. 4. Belastungsschaubild eines Gleichstromnetzes.

Für einen Betrieb, bei dem verhältnismäßig selten eine Energierücklieferung ins Drehstromnetz z. B. an bestimmten Tageszeiten eintritt, kann man eine Kreuzschaltung wählen, bei der zwei Gefäße für die halbe Strom-

Digitized by Google

stärke vorgesehen werden, die umschaltbar sind. Die Wirkungsweise der Anordnung geht aus den Kennlinien Abb. 6 hervor. Innerhalb eines Bereiches von ± 40 % des Stromes im Gleichstromnetz arbeitet die Anordnung in üblicher Kreuzschaltung mit den Strom-Spannungs-

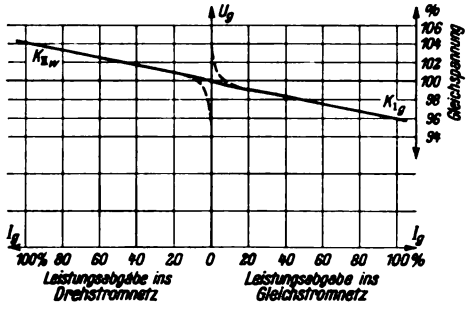
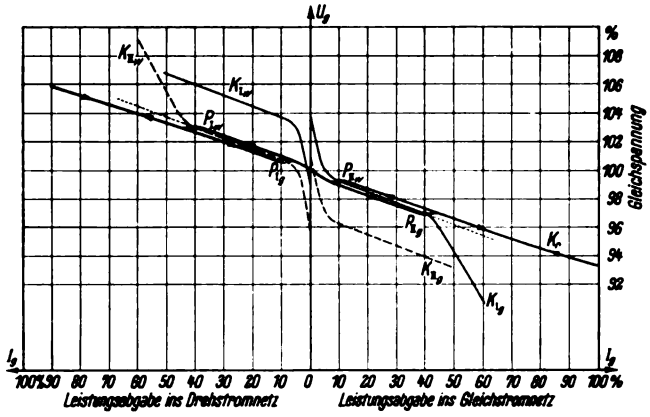


Abb. 5. Strom-Spannungs-Kennlinien einer Kreuzschaltung.

Kennlinien K_{Ig} und K_{IIw}, die durch Wahl eines entsprechenden Übersetzungsverhältnisses der beiden Sekundärwicklungen des Stromrichtertransformators so gelegt sind, daß ein stetiger Übergang von Gleich- in Wechselrichterbetrieb erfolgt. Wenn beim Punkt P_{IIg} im Gebiet der Leistungsabgabe ins Gleichstromnetz 40 % Gleich-



K_{Ig} Kennlinie des Stromrichters *I* für Gleichrichterbetrieb
K_{IIg} „ „ „ *II* „ „
K_{Iw} „ „ „ *I* „ Wechselrichterbetrieb
K_{IIw} „ „ „ *II* „ „
K_r Kennlinie der Gesamtanordnung

Abb. 6. Betriebskennlinien einer Kreuzschaltung mit zwei umschaltbaren Stromrichtergefäßen gleicher Größe.

strom erreicht sind, wird durch ein Stromrelais, das vom Strom des Gefäßes *I* beeinflußt wird, das als Wechselrichter ausgesteuerte Gefäß *II* durch Vertauschung der Gleichstromanschlüsse umgeschaltet. Gleichzeitig wird die Gittersteuerung so verändert, daß sich die Kennlinie K_{IIg} einstellt. Im Augenblick des Umschaltens wird ein kleiner Stromstoß auftreten, wenn Saugdrosselschaltungen verwendet werden, weil der geringe, entsprechend der Kennlinie K_{IIw} ins Drehstromnetz gelieferte Strom verschwindet und dafür entsprechend der Kennlinie K_{IIg} ein kleiner Gleichstrom geliefert wird. Bei weiterer Belastung übernimmt das Gefäß *II* entsprechend seiner Kennlinie K_{IIg} Strom, während beim Gefäß *I* nur noch eine geringe Stromzunahme eintritt, da es über die Gittersteuerung durch den Strom des Gefäßes *II* so kompoundiert wird, daß eine stärkere Neigung seiner Strom-Spannungs-Kennlinie K_{Ig} eintritt. Geht die Belastung wieder zurück, so wird das Gefäß *II* bei 40 % des Netzgleichstromes nicht zurückgeschaltet, sondern erst bei einem wesentlich kleineren Strom des Gefäßes *I*, in der Abb. 6 beispielsweise im Punkte P_{IIw} bei 10 %. Man vermeidet damit das oftmalige Umschalten, wenn der Strom um die Werte 40 % oder 10 % des Gleichstromes herum schwankt. Geht der Leistungsbedarf des Gleichstromnetzes weiter zurück, so wird die Gleichspannung weiter ansteigen, das Gefäß *I* wird stromlos, das Gefäß *II* liefert als Wechselrichter Strom ins Drehstromnetz zurück, entsprechend seiner Kennlinie K_{IIw}. Bei 40 % Strom im Gefäß *II* wird beim Punkt P_{Iw} das Gefäß *I* durch Vertauschen der Gleichstromnetz-Anschlüsse umgeschaltet und die Aussteuerung so verändert, daß sich die Kennlinie K_{Iw} einstellt. Aus den gleichen Gründen wie bei der Umschaltung im Gleichrichtergebiet wird auch hier ein kleiner Stromstoß eintreten, der in der Abb. 6 der Deutlichkeit wegen übertrieben dargestellt ist. Bei weiterer Belastung

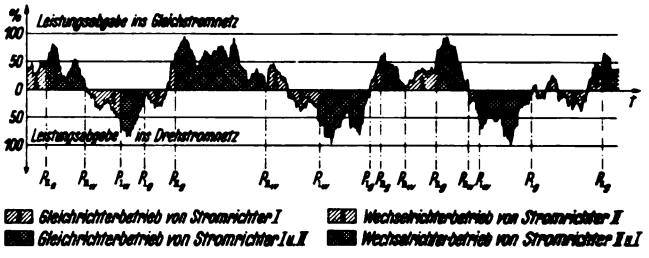


Abb. 7. Belastungsschaubild eines Gleichstromnetzes.

wird im Gefäß *II* nur noch eine geringe Stromzunahme eintreten, da es durch den Strom des auf Wechselrichterbetrieb umgeschalteten Gefäßes *I* über die Gittersteuerung stark kompoundiert wird. Bei Belastungszunahme im Gleichstromnetz wird das Gefäß *I* wieder erst bei 10 % des Stromes im Gefäß *II*, also im Punkte P_{Ig} zurückgeschaltet. Bei weiteren Spannungsabsenkungen im Gleich-

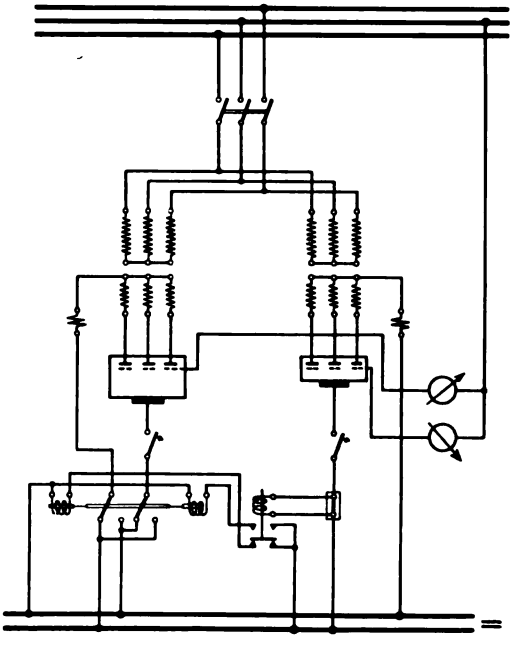


Abb. 8. Kreuzschaltung mit zwei Stromrichtern verschiedener Größe, von denen einer umschaltbar ist.

stromnetz wird Gefäß *II* stromlos; es tritt wieder Gleichrichterbetrieb des Gefäßes *I* ein, und das Spiel wiederholt sich von neuem. Die Strom-Spannungs-Kennlinie der Gesamtanordnung, die für die Leistungsübertragung zwischen beiden Netzen maßgebend wird, ist durch den Linienzug K_r dargestellt. Je nachdem, ob der Leistungsbereich vom Gleichrichtergebiet nach dem Wechselrichtergebiet oder umgekehrt durchlaufen wird, können sich ge-

Digitized by Google

ringe Unterschiede der Kennlinie innerhalb des Bereiches von ± 40 % Strom ergeben, wenn Saugdrosselschaltungen verwendet werden oder die Umschaltpunkte nicht richtig gelegt worden sind.

Eine solche Umschaltung mit zwei gleichgroßen umschaltbaren Gefäßen kann man mit Vorteil anwenden, wenn ein Belastungsdiagramm für die Netzkupplung vorliegt, wie es beispielsweise in Abb. 7 dargestellt ist. Bei diesem Belastungsdiagramm wird über längere Zeiten Energieaufnahme ins Gleichstromnetz und dann wieder Energierücklieferung ins Drehstromnetz eintreten, wobei die Leistungsspitzen nach beiden Seiten der Energieübertragung nahezu gleich sind. Nachteilig bei dieser Anordnung ist das zweimalige Umschalten im Gleich- und Wechselrichtergebiet und die Gefahr von starken Spannungsschwankungen bei plötzlichen Entlastungen, wenn beide Gefäße parallel arbeiten.

Eine Anordnung, die hinsichtlich Anschaffungskosten und Betriebsbedingungen noch günstiger ist, kann man bei Netzkupplungen ausführen, wenn man eine Kreuzschaltung mit zwei Gefäßen für verschiedene Stromstärken ausführt und nur das größere Gefäß umschaltbar macht. Eine solche Anordnung nach Abb. 8 kann verwendet werden bei Belastungsdiagrammen ähnlich der Abb. 7 und ist besonders geeignet bei Belastungsdiagrammen nach Abb. 9,

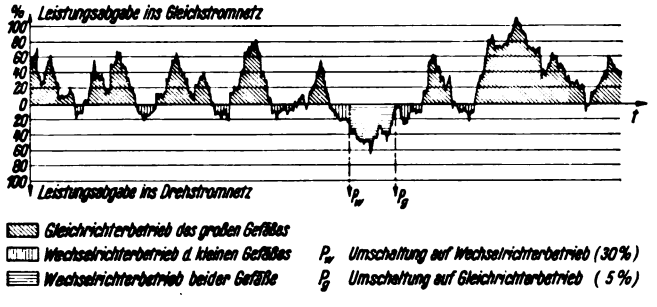


Abb. 9. Belastungsschaubild eines Gleichstromnetzes.

wo die bei Wechselrichterbetrieb auftretenden Leistungsspitzen meistens geringer sind als bei Gleichrichterbetrieb. Belastungsdiagramme wie in Abb. 9 werden besonders bei Gleichstrom-Bahnnetzen vorliegen, wo gelegentlich bei Nutzbremsung von Fahrzeugen zurückgearbeitet wird. Industrienetze, insbesondere bei Zechen- und Hüttenbetrieben, wo beispielsweise Gasmaschinen die Grundlast liefern und über Stromrichter die zusätzliche Leistung aus dem Drehstromnetz gewonnen werden soll, zeigen ähnliche Belastungsdiagramme für die Netzkupplung, wenn man von der Gesamtnetzbelastung die Grundlast abzieht. Auch bei Erweiterungen von Gleichstromnetzen, die über vorhandene Motorgeneratoren aus dem Drehstromnetz versorgt werden, wird man vorteilhaft eine solche Stromrichteranordnung verwenden, da man dann die Motorgeneratoren mit Vollast und damit mit bestem Wirkungsgrad betreiben kann und den Belastungsausgleich durch Stromrichter ausführen läßt, die auch bei Teilbelastung mit günstigstem Wirkungsgrad arbeiten.

Die Wirkungsweise dieser Anordnung läßt sich leicht bei Betrachtung der Kennlinien Abb. 10 verfolgen. Das gesamte Gebiet der Leistungsabgabe ins Gleichstromnetz übernimmt das große Gefäß *I* entsprechend seiner Kennlinie K_{Ig}. Wenn im Gleichstromnetz Leistungsüberschuß vorhanden ist und die Gleichspannung steigt, wird das kleine Gefäß, das immer als Wechselrichter arbeitet, die Energierücklieferung übernehmen, bis beispielsweise bei 30 % des Gesamtstromes der Normalstrom des kleinen Gefäßes *II* erreicht ist. Bei weiterem Leistungsüberschuß im Gleichstromnetz wird dann im Punkt P_w das große Stromrichtergefäß *I* durch Vertauschen der Gleichstromanschlüsse auf Wechselrichterbetrieb umgeschaltet und so ausgesteuert, daß die mit K_{Iw} bezeichnete Lage der Kennlinie eintritt. Der Umschaltbefehl wird dabei von einem Stromrelais gegeben, das vom Gleichstrom des kleinen Gefäßes beeinflußt wird. Das große Gefäß *I* übernimmt Strom, während das Gefäß *II* wegen seiner stark geneigten Kennlinie nur noch geringfügig belastet wird. Der

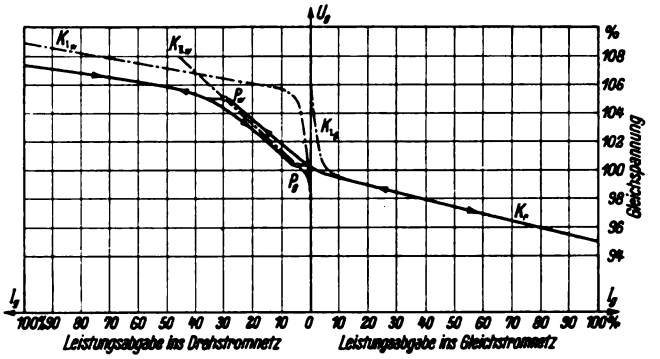


Abb. 10. Betriebskennlinien einer Kreuzschaltung mit zwei Stromrichtergefäßen, von denen das größere umschaltbar ist.

Befehl zum Zurückschalten des großen Gefäßes auf Gleichrichterbetrieb wird erst bei einem wesentlich kleineren Strom des Gefäßes *II* gegeben, in Abb. 10 beispielsweise bei 5 %, um wieder ein dauerndes Um- und Zurückschalten bei Stromschwankungen in der Nähe von 30 bzw. 5 % des Netzstromes zu vermeiden. Die für die Netzkupplung maßgebende Strom-Spannungs-Kennlinie ist durch den Linienzug K_r gegeben, der wieder innerhalb des Umschaltbereiches einen abweichenden Verlauf zeigt, je nachdem, ob man in Richtung von größerer Leistungsrückgabe oder kleinerer Leistungsrückgabe ins Drehstromnetz kommt. Bei Verwendung von Saugdrosselschaltungen können wieder geringe Stromstöße beim Umschalten auftreten, wie sie z. B. in Abb. 10 übertrieben eingetragen sind.

Aus dem Verlauf der resultierenden Strom-Spannungs-Kennlinie K_r geht hervor, daß bei geringer Leistungsübertragung ins Drehstromnetz stärkere Spannungsschwankungen auftreten müssen, da die Neigung der Kennlinie K_{IIw} des kleinen Gefäßes, bezogen auf den ganzen Leistungsbereich, kleiner gewählt werden muß als

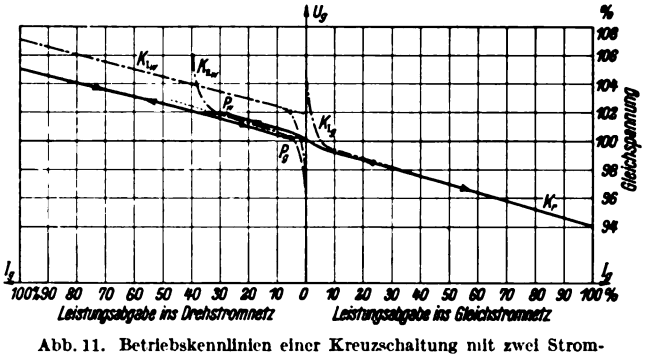


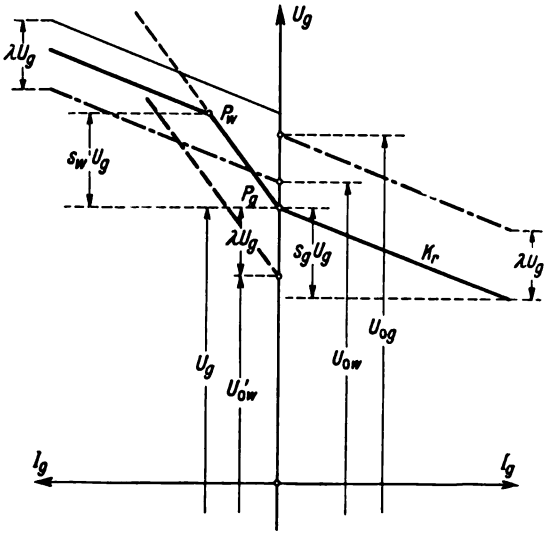
Abb. 11. Betriebskennlinien einer Kreuzschaltung mit zwei Stromrichtergefäßen, von denen das größere umschaltbar ist (kompoundierte Kennlinien).

beim großen Gefäß, um Überlastungen dieses Gefäßes zu vermeiden. Man kann dieses Wendestück in der Betriebskennlinie K_r vermeiden, wenn man die Neigung der Kennlinie K_{IIw} des kleinen Gefäßes geringer wählt und nach der Umschaltung des großen Gefäßes eine Kompoundierung der Betriebskennlinie des kleinen Gefäßes über die Gittersteuerung in Abhängigkeit vom Strom des großen Gefäßes ausführt, wie es in Abb. 11 dargestellt ist.

Aus den Schaubildern 10 und 11 geht hervor, daß man mit einer solchen Stromrichteranordnung die für eine spannungsabhängige Leistungsübertragung erforderliche

Digitized by Google

Betriebskennlinie ohne weiteres erreichen kann. Die Neigung der Kennlinie und damit die Spannungsabhängigkeit der Leistungsübertragung kann durch Kompoundierung über die Gittersteuerung beliebig einstellbar sein. Wenn die Drehstromspannung nicht konstant ist, müssen außerdem die Kennlinien der Gefäße so parallel verschoben werden, daß bei Spannungsschwankungen im Drehstromnetz keine Stromänderung eintritt. Die Parallelverschiebung der Kennlinie wird ebenfalls über die Gittersteuerung ausgeführt. Dabei müssen die Steuereinrichtungen für beide



I_g Gleichstrom
U_g Gleichspannung (Netzspannung)
λU_g Lichtbogenspannung
$s_g U_g$ stromabhängiger Spannungsabfall bei Gleichrichterbetrieb von V_1
$s_w U_g$ stromabhängiger Spannungsabfall bei Wechselrichterbetrieb von V_2
U_{0g} Leerlaufspannung bei Gleichrichterbetrieb von V_1
U_{0w} Leerlaufspannung bei Wechselrichterbetrieb von V_1
U'_{0w} Leerlaufspannung bei Wechselrichterbetrieb von V_2

Abb. 12. Betriebskennlinien mit Berücksichtigung des Lichtbogenabfalls.

Gefäße gleichzeitig so verstellt werden, daß die gegenseitige Lage der Kennlinien zueinander erhalten bleibt. Es sollen nun die Bedingungen für die Wahl der Kennlinien für Gleich- und Wechselrichterbetrieb der beiden Gefäße unter Berücksichtigung der Lichtbogenabfälle abgeleitet werden.

In Abb. 12 ist nochmals die Kennlinie K_r einer Stromrichteranordnung dargestellt, die nach der in der Abb. 8 dargestellten Schaltung arbeitet. Bezeichnet man mit U_g als Bezugsgröße die Gleichspannung (Netzspannung), bei der weder Stromlieferung ins Gleichstromnetz noch ins Drehstromnetz eintritt, so muß die Leerlaufspannung bei Gleichrichterbetrieb um die Lichtbogenspannung größer und bei Wechselrichterbetrieb um die Lichtbogenspannung kleiner sein als U_g. Mit Berücksichtigung des Lichtbogenabfalles λU_g, der bei gegebenem U_g konstant angenommen werden soll, erhält man für die Leerlaufspannung U_{0g} für Gleichrichterbetrieb und die Leerlaufspannung U_{0w} für Wechselrichterbetrieb und die Leerlaufspannung U'_{0w} des kleinen Gefäßes die Beziehungen

$$U_{0g} = \varrho\, U_g + \lambda\, U_g = U_g\,(\lambda + \varrho) \tag{1}$$

$$U_{0w} = -\,[\varrho\, U_g + s_w\, U_g - \lambda\, U_g] = U_g\,(\lambda - s_w - \varrho) \tag{2}$$

$$U'_{0w} = -\,[\varrho\, U_g - \lambda\, U_g] = U_g\,(\lambda - \varrho). \tag{3}$$

Darin bedeutet ϱ einen Faktor, der bei normaler Drehstrom- und Gleichstromspannung 1 ist und die Spannungsschwankungen berücksichtigt, und s_w den prozentualen Spannungsabfall zwischen den Umschaltpunkten, der die Neigung der Strom-Spannungs-Kennlinie des kleinen Gefäßes bestimmt.

Für die Leerlaufspannungen sind noch drei weitere Bedingungen zu erfüllen, die durch die Gittersteuerung der Gefäße vorgeschrieben sind. Bezeichnet man mit U_0 bzw. U'_0 die Spannungen bei voller Aussteuerung des großen bzw. kleinen Stromrichtergefäßes und mit ψ_g und ψ_w bzw. ψ'_w die entsprechenden Zündverzögerungswinkel, so gilt

$$U_{0g} = U_0 \cos \psi_g \tag{4}$$

$$U_{0w} = U_0 \cos \psi_w \tag{5}$$

$$U'_{0w} = U'_0 \cos \psi'_w. \tag{6}$$

Aus diesen sechs Beziehungen lassen sich Leerlaufspannungen, Zündbedingungen und Kennlinienneigung s_w für die verschiedenen Schaltungen ableiten.

a) Kreuzschaltung mit zwei Gefäßen, die nicht umgeschaltet werden (Abb. 3).

Für die Leerlaufspannungen müssen die Beziehungen (4) und (6) erfüllt sein. — Mit Rücksicht auf geringste Blindstrombelastung des Drehstromnetzes wird man das Übersetzungsverhältnis des Stromrichtertransformators so wählen, daß $U_{0w} = U_0$ wird, d. h. den Gleichrichter mit voller Aussteuerung betreiben. Das Übersetzungsverhältnis des zweiten Stromrichtertransformators bzw. der zweiten Sekundärwicklung bei Verwendung eines Drei-Wicklungstransformators ist durch die Bedingung bestimmt, daß die Wechselrichter-Aussteuerung bis zu einem Zündverzögerungswinkel φ_w beschränkt ist. Diese Einschränkung des Steuerbereiches wird bekanntlich durch die Stromrichter-Kommutierungsbedingungen im Wechselrichtergebiet verursacht.

Die höchste Spannung U_0, für Wechselrichterbetrieb, die für die Auslegung des Übersetzungsverhältnisses maßgebend ist, erhält man aus den Beziehungen (1), (3), (4) und (6), wenn man $s_w = 0$ und $\psi_g = 0$ setzt:

$$U'_0 = \frac{U_0}{\cos \psi'_w}\,\frac{\lambda - \varrho}{\lambda + \varrho}. \tag{7}$$

b) Kreuzschaltung mit zwei Gefäßen, von denen das größere umgeschaltet wird (Abb. 8).

Da bei dem umschaltbaren Gefäß das Übersetzungsverhältnis des zugehörigen Stromrichter-Transformators nicht geändert wird, ist die Spannung U_0 für volle Aussteuerung und damit das Übersetzungsverhältnis aus den Beziehungen (4) und (5) gegeben:

$$U_0 = \frac{U_{0g}}{\cos \psi_g} = \frac{U_{0w}}{\cos \psi_w}.$$

Daraus folgt, daß die Leerlaufspannungen bei gegebener Gleichspannung U_g sich verhalten wie $\frac{\cos \psi_g}{\cos \psi_w}$ und durch die Beziehung gegeben sind

$$\frac{U_{0g}}{U_{0w}} = \frac{\cos \psi_g}{\cos \psi_w} = \frac{\lambda + \varrho}{\lambda - s_w - \varrho}.$$

Da der Winkel ψ_w festgelegt ist, erhält man weiter für den Leistungsfaktor bei Gleichrichterbetrieb

$$\cos \psi_g = \cos \psi_w\,\frac{\lambda + \varrho}{\lambda - s_w - \varrho}. \tag{8}$$

Man wird danach trachten, den Leistungsfaktor bei Gleichrichterbetrieb so günstig wie möglich zu machen. Während bei den üblichen Kreuzschaltungen ohne Um-

Digitized by Google

schaltung der Gefäße das Übersetzungsverhältnis für Gleichrichterbetrieb so gewählt werden konnte, daß man mit voller Aussteuerung arbeitet, ist es im vorliegenden Fall nicht möglich. In Abb. 13 ist die Abhängigkeit des höchsterreichbaren Leistungsfaktors von dem prozentualen Lichtbogenabfall λ und der Kennlinienneigung s_w dargestellt. Der höchste erreichbare Leistungsfaktor wird

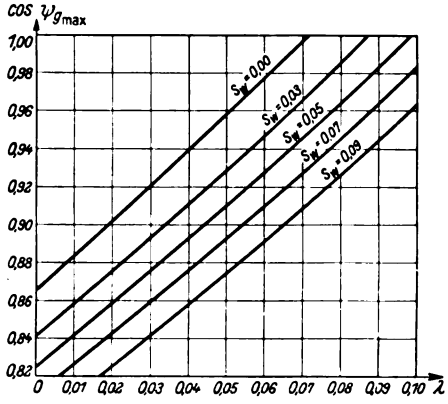


Abb. 13. Abhängigkeit des Leistungsfaktors cos ψ'_g vom Lichtbogenabfall λ bei verschiedener Kennlinienneigung s_w.

um so besser, je größer der prozentuale Lichtbogenabfall und je geringer die Kennlinienneigung des kleinen Gefäßes ist. Da $\lambda = U_L/U_g$ ist, erhält man bei konstanter Lichtbogenspannung U_L auch die Abhängigkeit des Leistungsfaktors von der Höhe der Spannung im Gleichstromnetz. Die Schaulinien in Abb. 14 zeigen, daß der

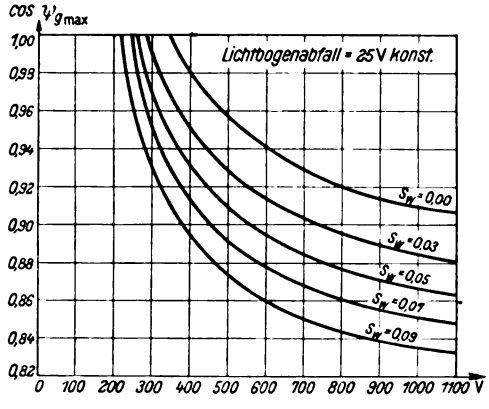


Abb. 14. Abhängigkeit des Leistungsfaktors cos $\psi'_{g\,max}$ von der Größe der Gleichstromnetz-Spannung.

höchsterreichbare Leistungsfaktor bei Gleichrichterbetrieb um so größer wird, je kleiner die Spannung des Gleichstromnetzes ist und je geringer die Kennlinienneigung s_w des kleinen Gefäßes gewählt wird. Kennlinienneigung und Lichtbogenabfall bestimmen also den höchsten Leistungsfaktor bei Gleichrichterbetrieb. Will man bei gegebener Lichtbogenspannung U_L und einer Gleichstromspannung U_g einen bestimmten Leistungsfaktor cos ψ'_g bei Gleichrichterbetrieb erreichen, so ist die erforderliche Kennlinienneigung s_w des kleinen Gefäßes gegeben durch die Beziehung:

$$s_w = \frac{1}{\cos \psi'_g}\left[\frac{U_L}{U_g}(\cos \psi'_g - \cos \psi'_w) - \varrho\,(\cos \psi'_g - \cos \psi'_w)\right]. \tag{9}$$

Für das kleine Gefäß, das nur als Wechselrichter arbeitet und nicht umgeschaltet wird, erhält man für die Spannung U'_0, durch die das Übersetzungsverhältnis des zugehörigen Transformators gegeben ist, aus den Beziehungen (3) und (6)

$$U'_0 = \frac{U_g}{\cos \psi'_w}(\lambda - \varrho).$$

Da auch für das kleine Gefäß die Beschränkung für die Aussteuerung im Wechselrichtergebiet besteht, wird man zweckmäßig $\psi'_w = \psi_w$ wählen und erhält damit

$$U'_0 = U_0 \frac{\lambda - \varrho}{\lambda - s_w - \varrho}. \tag{10}$$

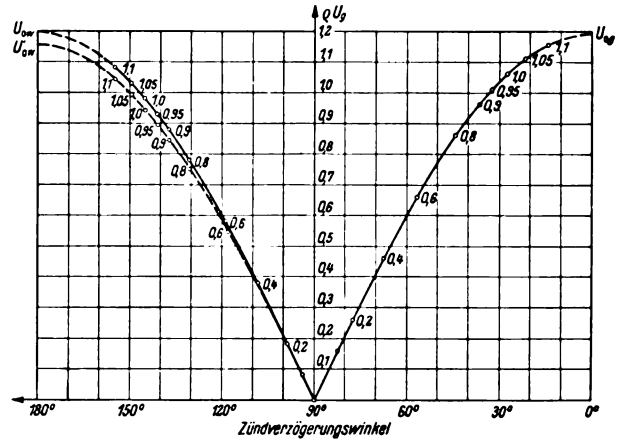


Abb. 15. Zuordnung der Steuerwinkel in Abhängigkeit von der Spannung.

Bei Anlagen mit größeren Spannungsschwankungen und größeren Werten von s_w und s_g wird man aus Sicherheitsgründen die Aussteuerung des kleinen Wechselrichtergefäßes stärker beschränken als die des großen Gefäßes, also ψ'_w kleiner als ψ_w wählen. Für die Abhängigkeit der drei Steuerwinkel erhält man aus den Beziehungen (1) bis (6)

$$\psi'_g = \arccos \frac{U_g}{U_{0g}}(\lambda + \varrho), \quad \psi_w = \arccos \frac{U_g}{U_{0g}}(\lambda - s_w - \varrho),$$
$$\psi'_w = \arccos \frac{U_g}{U_{0g}}(\lambda - \varrho).$$

In Abb. 15 ist nun für ein Beispiel dargestellt, wie die drei Steuerwinkel einander zugeordnet sein müssen, wenn die Gleichspannung von 0 bis 110 % der normalen Bezugsspannung U_g, d. h. also zwischen $\varrho = 0$ und $\varrho = 1{,}1$ geregelt wird. In dem Beispiel ist angenommen, daß die Gleichspannung bei voller Gleichstromabgabe 450 V beträgt, wobei ein Lichtbogenabfall von 28 V vorausgesetzt wird und die Kennlinienneigung der beiden Gefäße $s_g = s_w = 0{,}04$ sein soll. Die Bezugsspannung U_g wird damit 468 V und $\lambda = 0{,}05$. Der größte Zündverzögerungswinkel ψ_w für $\varrho = 1$ ist dabei mit 145 ° el. angenommen. Gleichzeitig zeigt das Schaubild der Abb. 15 den Verlauf der drei Leerlaufspannungen in Abhängigkeit vom Zündverzögerungswinkel.

In Abb. 16 ist die Abhängigkeit der Zündverzögerungswinkel ψ_w und ψ'_w für die Wechselrichteraussteuerung vom Zündverzögerungswinkel ψ'_g für Gleichrichteraussteuerung dargestellt. Man kann zur Vereinfachung der Steuerbedingung die Kosinusabhängigkeit angenähert durch eine geradlinige Abhängigkeit $\alpha_w = \alpha'_w = c\,\alpha_g$ ersetzen. Wird die Verschiebung der Zündpunkte über zwei Drehtransformatoren vorgenommen, so können diese beiden Drehtransformatoren beispielsweise über Zahnräder gekuppelt werden, deren Teilkreishalbmesser R_g und R_w dann durch die Beziehung gegeben sind:

$$\frac{R_g}{R_w} = \frac{\alpha_w}{\alpha_g},$$

Digitized by Google

wie es in Abb. 16 dargestellt ist. Da beim Netzkupplungsbetrieb der Spannungsregelbereich immer beschränkt sein wird, beispielsweise auf ± 10 %, wird man mit einer geradlinigen Abhängigkeit zwischen α_g und α_w die Steuerbedingungen mit genügender Genauigkeit erfüllen können. Wenn Netzhochfahren gefordert wird, kann man gegebenenfalls bei den tieferen Aussteuerungen das Wechselrichtergefäß sperren, falls die Steuerkennlinien nicht genügend übereinstimmen, da beim Hochfahren Rückarbeiten nicht in Frage kommt. Die Steuerung wird man bei Verwendung von zwei Drehtransformatoren so ausführen, daß ein Drehtransformator die Gleichrichteraussteuerung und der andere die Wechselrichteraussteuerung übernimmt. Das umschaltbare Gefäß wird bei Gleichrichterbetrieb über den Drehtransformator für die Gleichrichteraussteuerung und nach dem Umschalten bei Wechselrichterbetrieb über den Drehtransformator für Wechselrichteraussteuerung gesteuert.

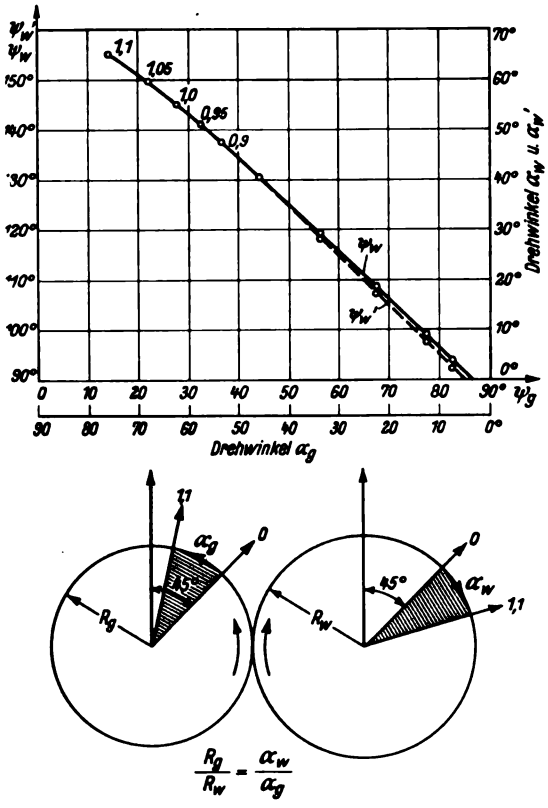


Abb. 16. Steuerwinkel ψ_w und ψ_w' bei Wechselrichterbetrieb in Abhängigkeit vom Steuerwinkel ψ_g bei Gleichrichterbetrieb.

Durch Verdrehen der beiden Drehtransformatoren werden die Kennlinien für Gleich- und Wechselrichterbetrieb parallel verschoben. Bei konstanter Spannung im Gleichstromnetz und im Drehstromnetz wird durch dieses Verschieben die Größe der übertragenen Leistung eingestellt. Über die beiden Drehtransformatoren können aber auch durch Parallelverschiebung drehstromseitige Spannungsschwankungen ausgeglichen werden. Soll beispielsweise bei einer Spannungserhöhung im Drehstromnetz und konstanter Gleichspannung der abgegebene Gleichstrom nicht beeinflußt werden, so muß die Aussteuerung für den Gleichrichterbetrieb verkleinert und für den Wechselrichterbetrieb vergrößert werden. Im umgekehrten Falle, wenn die Drehstromspannung kleiner wird, erfordert konstante Gleichstromabgabe bei konstanter Gleichspannung eine Vergrößerung der Aussteuerung des Gleichrichters und eine Verkleinerung der Aussteuerung des Wechselrichters. In Abb. 17 ist dargestellt, welche Zündpunktverschiebung man beim Gleich- und Wechselrichtergefäß ausführen muß, wenn bei konstanter Drehstromspannung, unabhängig von der Belastung, die Gleichspannung um ± 10 % geändert werden soll. Gleichzeitig gibt das Schaubild die entsprechenden Verdrehungswinkel für die Zündpunkte an, wenn ± 10 % Drehstrom-Spannungsschwankungen bei konstanter Gleichspannung und konstantem Strom ausgeregelt werden müssen. Für die Regelung der Gleichspannung gilt dabei der Maßstab ϱ_g und für die Ausregelung von Drehstrom-Spannungsschwankungen der Maßstab $\varrho_w = 1/\varrho_g$. Aus Abb. 17 geht hervor, daß man die Kosinusabhängigkeit der Steuerwinkel von ϱ auch annäherungsweise durch eine geradlinige Abhängigkeit ersetzen kann, um die Spannungsabweichungen der Drehstromspannung vom Sollwert zur Kompoundierung über die Gittersteuerung verwenden zu können. Diese Kompoundierung kann man ausführen, wenn man die schwankende Netzspannung einer konstanten Spannung gegenschaltet, deren Größe der Sollspannung entspricht, die Differenzspannung gleichrichtet und zur Verdrehung der Steuerung beispielsweise über vormagnetisierte Drosselspulen benutzt. Durch eine solche Kompoundierung wird auf einfachste Weise der Einfluß der Netzspannungsschwankungen auf der Drehstromseite beseitigt und so die Grundforderung der Netzkupplung erfüllt, daß die übertragene Leistung vom speisenden Netz unbeeinflußt sein soll. Da diese Kompoundierung ohne Hilfe von mechanischen Reglern, also trägheitslos erfolgt, wird auch eine vorübergehende Beeinflussung der übertragenen Leistung durch Drehstrom-Spannungsschwankungen nicht eintreten.

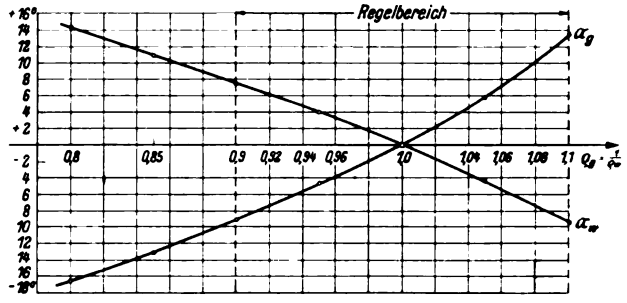


Abb. 17. Steuerwinkel für die Parallelverschiebung der Betriebskennlinien in Abhängigkeit von der Spannungsschwankung.

In Abb. 18 ist das Schaltbild einer Stromrichteranordnung zum wechselseitigen Leistungsaustausch zwischen einem Drehstromnetz und einem Gleichstromnetz dargestellt, wenn zwei Gefäße in Kreuzschaltung verwendet werden, von denen das größere umschaltbar ist. Das Stromrichtergefäß S_I ist über den Umschalter U an das Gleichstromnetz angeschlossen. Bei der im Bild dargestellten Lage des Umschalters ist Gleichrichterbetrieb des Gefäßes vorhanden. Das kleinere Gefäß S_{II} ist über seinen zugehörigen Stromrichter-Transformator T_{II} an das Drehstromnetz und an das Gleichstromnetz mit der für Wechselrichterbetrieb erforderlichen Polarität angeschlossen. Dieses Gefäß wird also nicht umgeschaltet. Die Gitter der Gefäße werden über die Steuereinrichtung Gi_I bzw. Gi_{II} beaufschlagt, die nach dem Grundsatz der magnetischen Spannungsstoßsteuerung arbeiten. Die Gittersperrspannung für die Gefäße wird über Trockengleichrichter erzeugt, die an einen Hilfstransformator HT angeschlossen sind. Der Steuersatz Gi_I des großen Gefäßes kann über den Umschalter US sowohl an den Drehtransformator D_g als auch an den Drehtransformator D_w angeschlossen werden, je nachdem, ob das große Gefäß als Gleichrichter oder Wechselrichter arbeiten soll. Die beiden Drehtransformatoren sind über Zahnräder miteinander gekuppelt, wie es in Abb. 16 dargestellt und erläutert war. Der Steuersatz Gi_{II} ist dauernd an den Drehtransformator D_w angeschlossen. Durch Verdrehen der beiden Drehtransformatoren werden die Strom-Spannungs-Kennlinien der bei-

Digitized by Google

den Gefäße parallel verschoben, und damit wird die für die Übertragung einer bestimmten Leistung erforderliche Aussteuerung eingestellt. Über die beiden Drehtransformatoren kann auch das Gleichstromnetz hochgefahren werden.

Der Einfluß der drehstromseitigen Spannungsschwankungen wird durch unmittelbaren Eingriff in die Gittersteuerung beseitigt. Bekanntlich kann der Zündpunkt bei der magnetischen Stoßsteuerung durch eine Gleichstrom-Vormagnetisierung verschoben werden. Die in Reihe geschalteten Vormagnetisierungswicklungen der Stoßtransformatoren beider Steuersätze werden an eine Gleichspannung angeschlossen, die über Trockengleichrichter aus der Differenz einer konstanten Wechselspannung und der veränderlichen Netzspannung gewonnen wird. Die konstante Wechselspannung wird über einen Spannungsgleichhalter *Sp* dem Drehstromnetz entnommen. Da nach Abb. 17 richterbetrieb über einen Kontakt am Umschalter *U* kurzgeschlossen.

Die beim Netzkupplungsbetrieb geforderte Drehung der Betriebskennlinie wird über eine besondere Vormagnetisierungswicklung auf den Stoßtransformatoren des Steuersatzes Gi_I ausgeführt. Diese Vormagnetisierungswicklung wird ebenfalls von einem Stromwandler im Primärkreis des Transformators T_I über Trockengleichrichter gespeist. Der Grad der Kompoundierung und damit die Neigung der Kennlinie kann durch den Widerstand *KR* eingestellt werden.

Soll über die Stromrichteranordnung eine konstante Leistung aus dem Drehstromnetz ins Gleichstromnetz oder umgekehrt übertragen werden, so wird man die beiden Drehtransformatoren D_g und D_w durch einen mechanischen Regler verstellen, der vom Drehstrom oder vom Gleichstrom beeinflußt wird. Der mechanische Regler kann ver-

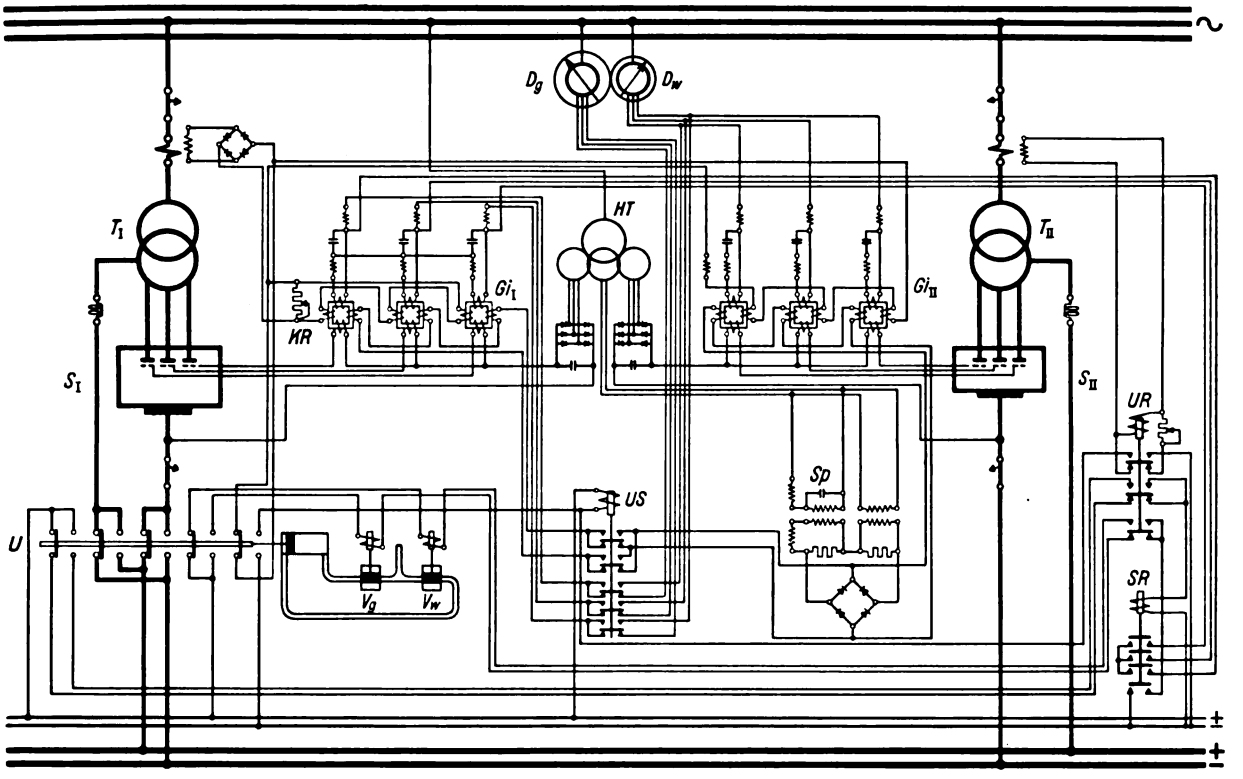


Abb. 18. Schaltbild einer Drehstrom-Gleichstrom-Netzkupplung mit Stromrichtern.

im Wechselrichtergebiet die Aussteuerung zur Kompensation der Spannungsschwankung im entgegengesetzten Sinne verändert werden muß als bei Gleichrichterbetrieb, wird die Vormagnetisierung beim Übergang vom Gleichrichterbetrieb auf Wechselrichterbetrieb ebenfalls über das Umschaltrelais *US* umgeschaltet. Damit man eine Kennlinie konstanter Neigung in Gleich- und Wechselrichterbetrieb erhält, wie sie beispielsweise in Abb. 11 dargestellt ist, muß, wie früher ausgeführt wurde, eine geringe Kennlinienneigung s_w des kleinen Gefäßes angestrebt werden. Dafür ist aber erforderlich, daß beim Zuschalten des großen Gefäßes im Wechselrichterbereich eine starke Kompoundierung des kleinen Gefäßes eintritt, damit weitere Belastungszunahme des kleinen Wechselrichters vermieden wird. Diese Kompoundierung des Gefäßes S_{II} wird durch unmittelbaren Eingriff in die Steuerung über eine Vormagnetisierung erreicht. Es ist deshalb eine zweite Vormagnetisierungswicklung auf dem Stoßtransformator des Steuersatzes Gi_{II} vorgesehen, die über Trockengleichrichter von einem Stromwandler im Primärkreis des Transformators T_I gespeist wird. Da diese Vormagnetisierung erst wirksam werden darf, wenn das große Gefäß als Wechselrichter arbeitet, ist der Stromwandler bei Gleich- mieden werden, wenn man über die Vormagnetisierung der Gittersteuerung die Betriebskennlinie so stark neigt, daß schon geringe Stromänderungen sehr große Änderungen der Aussteuerung und damit der Spannung hervorrufen, die der Stromänderung entgegenwirken.

Die in der Schaltung Abb. 18 dargestellte Anordnung zur Kupplung eines Drehstromnetzes mit einem Gleichstromnetz über Stromrichter gestattet also:

1. die spannungsabhängige Leistungsübertragung vom Drehstromnetz ins Gleichstromnetz, wobei der Einfluß von drehstromseitigen Spannungsschwankungen beseitigt und der Kopplungsgrad zwischen beiden Netzen beliebig einstellbar ist;
2. die konstante Leistungsübertragung aus dem Drehstromnetz ins Gleichstromnetz und umgekehrt, wobei mechanische Regler verwendet werden oder eine Stromkompoundierung ausgeführt wird, die eine so starke Neigung der Kennlinie hervorbringt, daß praktisch konstante Leistungsübertragung vorhanden ist.

Bei der Anordnung nach Abb. 18 muß eine bestimmte Reihenfolge der Umschaltvorgänge eingehalten werden.

Digitized by Google

Wenn das kleine Gefäß S_{II} seinen Normalstrom erreicht hat, wird das Umschaltrelais *UR* anziehen und den Umschaltbefehl auf das Ventil V_w geben, wenn vorher das Sperrelais *SR* angezogen hat. Das Relais *SR* nimmt die positiven Zündimpulse von den Gittern weg und sperrt damit den Stromfluß durch das Gefäß. Diese Sperrung ist erforderlich, weil der Umschalter *U* keine Leistung unterbrechen soll. Das Umschaltrelais *UR* bringt auch das Umschaltschütz *US* zum Anziehen, das die Gittersteuerung des Gefäßes S_I vom Drehregler für Gleichrichterbetrieb auf den Drehregler für Wechselrichterbetrieb umschaltet und außerdem die Polarität der Vormagnetisierungswicklung umschaltet, welche die drehstromseitigen Spannungsschwankungen kompensiert. Diese Umschaltung ist nach den Regelkurven der Abb. 17 erforderlich. Über das Ventil V_w wird die Druckluft für Betätigung des Umschaltekolbens freigegeben, der Umschalter *U* in die für Wechselrichterbetrieb erforderliche Lage gebracht und damit die Polarität der Gleichstromanschlüsse des Gefäßes S_I geändert. Durch Abhängigkeitskontakte am Umschalter *U* wird nun das Sperrelais *SR* wieder anziehen und damit die Stromführung des Gefäßes S_I für Wechselrichterbetrieb freigegeben. In der angezogenen Lage des Umschaltrelais *UR* wird ein Parallelkreis zur Spule dieses Relais geöffnet, so daß der Abfall des Relais bei einem kleineren Stromwerte stattfindet als das Anziehen, wie es nach den Betriebskennlinien der Abb. 10 und 11 gefordert war. Fällt das Relais bei kleinem Strom ab, so wird Umschaltbefehl auf das Ventil V_g gegeben, wenn vorher wieder das Sperrelais *SR* abgefallen ist. Nachdem der Umschalter *U* auf Gleichrichterbetrieb umgelegt hat, wird das Sperrelais *SR* wieder über einen Abhängigkeitskontakt anziehen; ein Strom kommt aber erst zustande, nachdem über einen zweiten Abhängigkeitskontakt am Umschalter *U* das Umschaltschütz *US* abgefallen ist und damit auf richtige Gleichrichteraussteuerung übergegangen wird. Die Umschaltung ist also verhältnismäßig einfach und mit wenigen Relais auszuführen.

Wie schon erwähnt, bringt die Verwendung des Stromrichters zum Leistungsaustausch zwischen Drehstromnetzen und Gleichstromnetzen nicht nur den Vorteil mit sich, daß betriebssichere ruhende Geräte zur Verwendung kommen, sondern auch besondere wirtschaftliche Vorteile, da der Wirkungsgrad bei den in Frage kommenden Spannungen wesentlich günstiger ist als bei Verwendung von umlaufenden Umformern. Schon bei Gleichstromnetzen von 440 V werden sich durchschnittlich Wirkungsgradverbesserungen bis zu 10 % ergeben. Dazu kommt, daß beim Motorgenerator die Leerlaufverluste etwa 40 bis 50 % der Vollastverluste betragen, während sie beim Stromrichter nur 10 % erreichen. Es ergeben sich deshalb ganz besondere Vorteile, wenn eine solche Anordnung nur zur Spitzendeckung und als stets betriebsbereite Reserve verwendet werden soll, da dann in den längeren Betriebspausen die hohen Leerlaufverluste der umlaufenden Umformer wegfallen.

Zusammenfassung.

Die technischen Anforderungen an Einrichtungen für den Leistungsaustausch zwischen Wechsel- und Gleichstromnetzen werden mit Hilfe der Stromrichter in hervorragender Weise erfüllt, wobei die Gesetze, nach denen der Leistungsaustausch zu erfolgen hat, nur durch Beeinflussung der Gittersteuerung der Gefäße mit kleinsten Energien eingehalten werden können. Man kann dabei ruhende Geräte mit höchster Betriebssicherheit und geringsten Ansprüchen an Wartung verwenden und den Betrieb leicht selbsttätig gestalten, gegebenenfalls in Verwendung mit Fernsteuerung, wie dies beispielsweise häufig bei Bahnunterwerken gefordert wird. Mit Hilfe der Stromrichter ist besonders die Versorgung von Gleichstrom-Vollbahnen in einer wirtschaftlichen Form möglich, die kaum noch steigerungsfähig ist, da diese Umformeranlagen bei den für Vollbahnen in Betracht kommenden hohen Spannungen Wirkungsgrade erreichen, die nahe an die von Transformatoren entsprechender Leistung herankommen.

Kampf um eineinhalb Milliarden.

In diesen Tagen wird die Ausstellung in Köln „Kampf um eineinhalb Milliarden“ ihre Pforten schließen. Sie hat den Kampf gegen Verderb und Sachverluste in der Volkswirtschaft eröffnet, und in diesem Kampf stehen wir Elektrotechniker an hervorragender Stelle. Wir arbeiten in der Erzeugung der Güter, ihrer Verwertung und Erhaltung. Wir schaffen in Berechnung, Konstruktion und Versuch die Grundlagen, wir wirken in der Herstellung mit, wir überwachen sie im Prüffeld, wir stehen im Verkauf dem Abnehmer beratend zur Seite, wir wenden die technischen Erzeugnisse im Betrieb an und setzen sie ein. Bei der Berechnung und der Konstruktion können wir Werkstoffe, die nur in geringem Maße zur Verfügung stehen, planvoll durch andere ersetzen, die uns zugänglich sind.

Vom großen Ganzen gesehen ist, auch technisch, die Lösung die beste, die mit Vorhandenem oder Erreichbarem Werte zu schaffen versteht. Kein Mensch würde Gold planlos überall da anwenden, wo es etwa darauf ankommt, eine Oxydation der Teile zu vermeiden, sondern wird, wo es möglich ist, erst zu anderen Mitteln greifen. Für uns bedeuten viele Baustoffe eben Gold, weil wir Gold aufwenden müssen, um sie zu beschaffen. Wenn wir da mit Fremdstoffen sorgsam umgehen, wo sie uns in geringen Mengen zur Verfügung stehen, wenn wir da Heimstoffe verwenden, wo die bisher verwandten Werkstoffe im Handelsverkehr mit dem Ausland nicht mehr beschafft werden können, kämpfen wir mit um die eineinhalb Milliarden.

Der technische Fortschritt kommt vielfach aus einer gewissen Not heraus, nie aus dem Überfluß. Und so bedeutet der Kampf um eineinhalb Milliarden noch viel mehr als nur dies, er bringt wahren Fortschritt und fördert auch damit den Vierjahresplan.

Wenn wir in der Herstellung jeden unnötigen Verschnitt an Fremd- und Heimstoffen vermeiden, wenn wir jeden Abfall seiner Wiederverwendung zuführen, auch wenn es scheinbar unwirtschaftlich für den einzelnen Fall zu sein scheint, sparen wir letzten Endes für das Ganze, denn jeder Verlust ist für uns unersetzlich und schließlich leiden alle darunter.

Wenn wir Geräte schaffen, die im „Kampf dem Verderb“ Werte erhalten helfen, kämpfen wir um die eineinhalb Milliarden, wir kämpfen dabei sogar um mehr. Pfleglich behandelte Lebensmittel in den Kühlanlagen des Handels und den Kühlschränken des Haushalts helfen nicht nur sparen, sondern helfen die Volksgesundheit schützen. Wirtschaftlich arbeitende Haushaltgeräte helfen sparen, und dieses Sparen kommt nicht nur etwa dem großen Haushalt, der die Geräte hat, sondern auch jedem kleinsten Haushalt zugute, der sich die Geräte nicht leisten kann; denn jeder Verlust verteuert den Haushalt aller, weil das Verdorbene mit Mitteln neu beschafft werden muß, die wir entweder nicht haben oder unter großen Opfern freimachen müssen.

So stehen wir Elektrotechniker an jeder Stelle im Kampf um die eineinhalb Milliarden und wollen uns dieser Aufgabe jederzeit voll bewußt sein.

Harald Müller VDE.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 316. 13. 018. 3 : 621. 319. 4. 018 **Die Wellenglättung schwachbelasteter Mittelspannungsnetze durch Phasenschieber-Kondensatoren.** — Zu den lästigsten Nachteilen eines zu großen Spannungskurven-Oberwellengehaltes im Schwachlastbetrieb ausgedehnter Hochspannungsnetze gehören die Überlastungen der Dämpferwicklungen in den Generatoren, erhöhte Verluste im Leitungsnetz, Schwierigkeiten in der Stromwendung bei Stromwendermaschinen und das Versagen der Erdschlußlöschung. Ursachen und Wirkungen sind im Fachschrifttum[1]) bereits eingehend erörtert, von den Mitteln, die dem praktischen Betrieb zu seiner Beseitigung zur Verfügung stehen, dagegen bisher nur wenige bekanntgeworden. Ein großes mitteldeutsches Überlandwerk benutzt seit 1934 seine Phasenschieber-Kondensatorenanlage[2]) dazu, die auch in seinem ausgedehnten 10 kV-Netz (rd. 1200 km) bei Schwachlast sich stark ausbildende 5. Oberwelle zu beseitigen. Abb. 1 zeigt die Wellenglättungsschaltung[3]). Von den Sammelschienen *1'* und *1''*, gespeist von den Fernstromabspannern *2*, zweigt das Verteilungsnetz *3* bis *9* ab. *12* und *13* sind Teilbatterien der

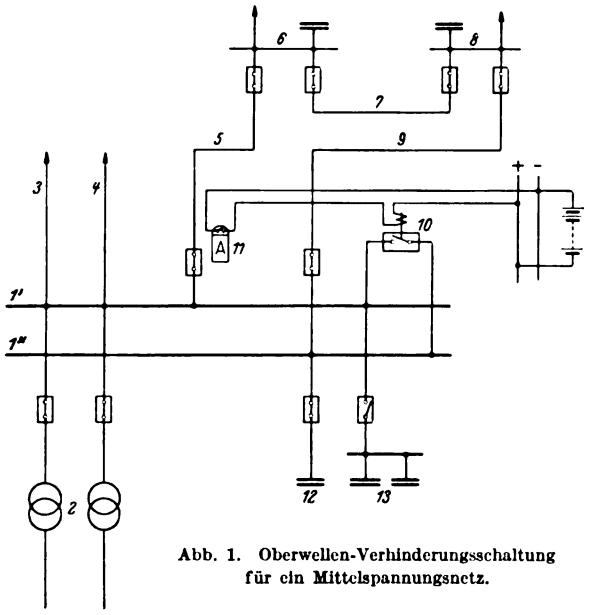


Abb. 1. Oberwellen-Verhinderungsschaltung für ein Mittelspannungsnetz.

1', 1'', Mittelspannungs-Sammelschienen im Fernstrom-Abspannwerk
2 Fernstromabspanner
3, 4, 5, 7, 9 Mittelspannungsnetz
6, 8 Großabnehmer
10 Sammelschienen-Kuppelschalter
11 Wahlschutzrelais mit Hilfskontakt
12, 13 Phasenschieber-Kondensatoren

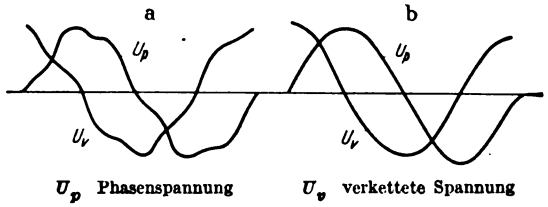
Kondensatorenanlage, die, teils im Abspannwerk, teils verteilt im Netz aufgestellt, die induktive Blindleistung kompensieren. Ein großer Teil der verteilt im Netz angeschlossenen Kondensatoren bleibt auch bei schwacher Last am Netz (unbesetzte Stationen, Vermeidung teurer selbsttätiger Schalter), so daß der Wellenglättung auch aus diesem Grunde besondere Bedeutung zukommt. Zwecks Verstimmung der Netzeigenfrequenz bei Schwachlast auf, bzw. nahe an die 4. Oberwelle, nach der Beziehung

$$\nu = \frac{\omega}{\sqrt{\frac{\Delta U_L}{U}\,\frac{I_c}{I}}},$$

wobei

ν Eigenfrequenz,
ω aufgedrückte Frequenz (Grundwelle),
$\frac{\Delta U_L}{U}$ prozentualer induktiver Spannungsabfall,
$\frac{I_c}{I}$ prozentualer Kondensatorenstrom[1]) bedeuten,

wird die Ringleitung *5-6-7-8-9* in dieser Zeit als Stichleitung (Teilentmaschung) betrieben und an ihr offenes Ende die an der Sammelschiene des Abspannwerkes aufgestellte



U_p Phasenspannung U_v verkettete Spannung

Abb. 2. Spannungskurven (10 kV) eines schwachbelasteten Mittelspannungsnetzes ohne (a) und mit (b) Wellenglättung.

Teilbatterie *12* angeschaltet. Um dabei die Vorteile des Ringbetriebes auch den Großabnehmern *6* und *8* zu sichern, schaltet — beispielsweise bei Kurzschluß auf der Teilleitung *7* — ein Hilfskontakt am Wahlschutzrelais *11* der abgehenden Teilleitung *5* den geöffneten Sammelschienenkuppelschalter *10* ohne Zeitverzögerung (Schnellschaltung) ein; die vom Kurzschluß betroffene Teilleitung *7* wird abgeschaltet, die Stromlieferung an den Großabnehmer *8* nicht unterbrochen. Das Hochziehen der Spannung auf Teilleitung *9* durch die kapazitive Last der Teilbatterie *12* ändert die Spannungsverhältnisse gegenüber dem Normalbetrieb (ohne Wellenglättung) nicht. Die Wirkung der einfachen, keine besonderen Anlagekosten erfordernden Oberwellen-Verhinderungsschaltung zeigt Abb. 2. [H. Schulze, Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 455.] *S. B.*

Elektromaschinenbau.

621. 314. 21. 017. 2 : 621. 314. 6 **Die Bestimmung der Kupferverluste bei Transformatoren für Gleichrichterbetrieb.** — Im Zusammenhang mit der Aufstellung von Regeln für die Bewertung und Prüfung von Stromrichtern, die in letzter Zeit in vielen Ländern in Angriff genommen wurden und auch bei der IEC in Beratung ist, spielt die Frage der Bestimmung der Kupferverluste in Gleichrichter-Transformatoren eine Rolle. In einem Aufsatz von Th. Rosskopf werden die verschiedenen Vorschläge zusammengestellt, beurteilt und die Rechnungsunterlagen erläutert. In der Hauptsache muß unterschieden werden zwischen dem Vorschlage der Schweiz, nach welchem die Meßwerte durch gerechnete Zuschläge ergänzt werden, und dem Vorschlage der V. S. Amerika, bei welchem die bei Gleichrichterbetrieb zu erwartenden Verluste unmittelbar durch Messungen bestimmt werden. Der vorliegende Bericht berücksichtigt auch den Vorschlag des deutschen Stromrichterausschusses und empfiehlt für sechsphasige Schaltungen auf Grund der Auswertung von Messungen an mehreren ausgeführten Transformatoren das amerikanische Verfahren der unmittelbaren Messung.

[1]) ETZ 36 (1915) S. 609; 52 (1931) S. 471; 53 (1933) S. 747; 56 (1935) S. 933 u. 1045. Elektrotechn. u. Maschinenb. 52 (1934) S. 37; 53 (1935) S. 25; 54 (1936) S. 200; VDE-Fachberichte 5 (1931) S. 82. Elektr.-Wirtsch. 30 (1931) S. 185. Elektr. Bahnen 9 (1933) S. 138. Arch. Elektrotechn. 27 (1933) S. 805. Z. techn. Physik 12 (1931) S. 205. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 20 (1929) H. 19; 37 (1936) S. 177. Rev. gén. Électr. 37 (1935) S. 116. Bull. Soc. franç. Électr. 5 (1935) S. 863. Electr. Engng. 54 (1935) S. 1055.

[2]) ETZ 56 (1935) S. 501.

[3]) DRP. angem.

[1]) VDE-Fachberichte 7 (1935) S. 21.

Digitized by Google

Im einzelnen bringt der Bericht folgendes:

a) Gleichrichterbetrieb und Kurzschlußmessung.

Die Bestimmung der Kupferverluste bei Gleichrichtertransformatoren ist deshalb besonders zu betrachten, weil die Strombelastung der einzelnen Wicklungen im Gleichrichterbetrieb eine andere ist, als bei der Kurzschlußmessung mit sinusförmigen Strömen. Zahlentafel 1 gibt für die gebräuchlichen Sechsphasenschaltungen einen Überblick über die Effektivwerte des Stromes aus dem Netz, des Primärstromes und des Sekundärstromes in den Transformatorwicklungen. Die Rechnungswerte der Kupferverluste V_R stehen ausgedrückt durch Gleichstrom I_g, Übersetzungsverhältnis u und Wicklungswiderstand r_p und r_s in der letzten Spalte der Tafel. Hierbei bedeutet u das Verhältnis von sekundärer Phasenspannung zu primärer verketteter Spannung. Bei Gabelschaltung bedeutet r_s^i den Widerstand des inneren, r_s^a den Widerstand des äußeren sekundären Wicklungsteiles.

Zahlentafel 1. Rechnungswerte der Ströme und Kupferverluste bei Gleichrichterbetrieb.

Schaltung Primär	Schaltung Sekundär	Ströme Netz $u\,I_g\times$	Ströme Primär $u\,I_g\times$	Ströme Sekundär $u\,I_g\times$	Rechnungswerte für die Kupferverluste
△	✳	0,82	0,58	0,41	$V_R = I_g^2 u^2 r_p + I_g^2 r_s$
⅄	⅄	0,71	0,71	0,29	$V_R = 3{,}2\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}2\, I_g^2 r_s$
⅄	✳	0,82	0,82	i 0,58 a 0,41	$V_R = 2\, I_g^2 u^2 r_p + I_g^2 r_s^i + I_g^2 r_s^a$
△	⅄	0,71	0,41	0,29	$V_R = 1{,}2\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}2\, I_g^2 r_s$
△	✳	0,82	0,47	i 0,58 a 0,41	$V_R = 2{,}3\, I_g^2 u^2 r_p + I_g^2 r_s^i + I_g^2 r_s^a$

Nach dem Vorschlage der Schweiz sollen die Kurzschlußmessungen bei sechsphasigem Kurzschluß der Sekundärwicklung durchgeführt werden. Bei der Messung wird der Primärstrom eingestellt, der bei Gleichrichterbetrieb auftritt. In Zahlentafel 2 sind die Rechnungswerte der effektiven Ströme und der Kupferverluste V_R^1 angegeben, die sich bei diesem Verfahren ergeben. Man sieht, daß vor allem die Sekundärströme wesentlich niedriger sind als bei Gleichrichterbetrieb. Die Unterbelastung wurde in Prozenten in der Tafel mit angegeben. Es ergibt sich also ein zu kleiner Wert für die Verluste. Um auf den für Gleichrichterbetrieb gerechneten Wert V_R zu kommen, wird als Zuschlag der aus den Widerständen der Wicklungen gerechnete Wert V_R^2 hinzugezählt:

$$V_R^1 + V_R^2 = V_R.$$

Zahlentafel 2. Vorschlag der Schweiz.

Schaltung Primär	Schaltung Sekundär	Ströme Netz $u\,I_g\times$	Ströme Primär $u\,I_g\times$	Ströme Sekundär $I_g\times$	Rechnungswerte für die Kupferverluste
△	✳	0,82	0,47 — 22 %	0,235 — 74 %	$V_R^1 = 2{,}3\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}3\, I_g^2 r_s$ Messung $V_R^2 = 1{,}3\, I_g^2 u^2 r_p + 2{,}3\, I_g^2 r_s$ Zuschlag
⅄	⅄	0,71	0,71	0,203 — 42 %	$V_R^1 = 3{,}2\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}4\, I_g^2 r_s$ Messung $V_R^2 =$ $+ 1{,}4\, I_g^2 r_s$ Zuschlag
⅄	✳	0,82	0,82	i 0,41 — 42 % a 0,235 — 74 %	$V_R^1 = 2\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}2\, I_g^2 r_s^i + 1{,}3\, I_g^2 r_s^a$ Messung $V_p^2 =$ $+ 1{,}2\, I_g^2 r_s^i + 2{,}3\, I_g^2 r_s^a$ Zuschlag
△	⅄	0,71	0,41	0,203 — 42 %	$V_R^1 = 1{,}2\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}4\, I_g^2 r_s$ Messung $V_R^2 =$ $+ 1{,}4\, I_g^2 r_s$ Zuschlag
△	✳	0,82	0,47	i 0,41 — 42 % a 0,235 — 74 %	$V_R^1 = 2{,}3\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}2\, I_g^2 r_s^i + 1{,}3\, I_g^2 r_s^a$ Messung $V_R^2 = I\Delta$ $+ 1{,}2\, I_g^2 r_s^i + 2{,}3\, I_g^2 r_s^a$ Zuschlag

Nach dem Vorschlag der V. S. Amerika werden die Kurzschlußversuche bei dreiphasigem Kurzschluß der Sekundärwicklungen durchgeführt (s. Zahlentafel 3). Die kurzgeschlossenen Sekundärwicklungen sind bei diesem Verfahren gegenüber dem Strom bei Gleichrichterbetrieb überlastet. Für die Schaltungen mit sekundärem Doppelstern ergibt die Nachrechnung aus den Effektivwerten und Wicklungswiderständen denselben Wert für die Kupferverluste wie bei Gleichrichterbetrieb. Bei den Transformatoren mit sekundärer Gabelschaltung sind nach dem amerikanischen Vorschlag drei Messungen mit verschiedener Kurzschlußschaltung zu machen. Die Werte aus diesen drei Messungen geben nach bestimmter Rechenformel zusammengezählt denselben Wert wie bei Gleichrichterbetrieb. Grundsätzlich spricht für dieses Verfahren die Tatsache, daß die Belastung der Wicklungen bei dreiphasigem Sekundärkurzschluß (bei Gabelschaltung Messung 3) der Stromverteilung bei Gleichrichterbetrieb entspricht, während eine Stromverteilung entsprechend dem sechsphasigen

Zahlentafel 3. Vorschlag V. S. Amerika.

Schaltung Primär	Schaltung Sekundär	Ströme Netz $u\,I_g\times$	Ströme Primär $u\,I_g\times$	Ströme Sekundär $u\,I_g\times$	Rechnungswerte für die Kupferverluste
△	✳	1,0 + 22 %	0,58	0,58 + 42 %	$V_R = I_g^2 u^2 r_p + I_g^2 r_s$
⅄	⅄	0,71	0,71	0,41 + 42 %	$V_R = 3{,}2\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}2\, I_g^2 r_s$
		0,82	0,82	i — a 0,47 + 12 %	$V_R' = 2\, I_g^2 u^2 r_p + 2{,}3\, I_g^2 r_s^a$ Messung 1
⅄		0,82	0,82	i 0,82 + 42 % a 0,47 + 12 %	$V_R'' = 2\, I_g^2 u^2 r_p + 2\, I_g^2 r_s^i + 4/3\, I_g^2 r_s^a$ Messung 2
		0,82	0,82	i 0,47 — 22 % a 0,47 + 12 %	$V_R''' = 2\, I_g^2 u^2 r_p + 2{,}3\, I_g^2 r_s^i + 2{,}3\, I_g^2 r_s^a$ Messung 3 $V_R = 1/6\, V_R' + 1{,}3\, V_R'' + 1{,}2\, V_R'''$
△	⅄	0,71	0,41	0,41 + 42 %	$V_R = 1{,}2\, I_g^2 u^2 r_p + 1{,}2\, I_g^2 r_s$
		0,82	0,47	i — a 0,47 + 12 %	$V_R' = 2{,}3\, I_g^2 u^2 r_p + 4{,}3\, I_g^2 r_s^a$ Messung 1
△		0,82	0,47	i 0,82 + 42 % a 0,47 + 12 %	$V_R'' = 2{,}3\, I_g^2 u^2 r_p + 2\, I_g^2 r_s^i + 4/3\, I_g^2 r_s^a$ Messung 2
		0,82	0,47	i 0,47 — 22 % a 0,47 + 12 %	$V_R''' = 2/3\, I_g^2 u^2 r_p + 2{,}3\, I_g^2 r_s\, i + 2/3\, I_g^2 r_s^a$ Messung 3 $V_R = 1{,}6\, V_R' + 1{,}3\, V_R'' + 1{,}2\, V_R'''$

Digitized by Google

sekundären Kurzschluß bei Gleichrichterbetrieb praktisch nie auftritt. Die bei dreiphasigem Kurzschluß ermittelte Kurzschlußspannung gibt deshalb einen besseren Hinweis auf die bei Gleichrichterbetrieb auftretenden Streuungen. Dieser eindeutige Hinweis ist zur Vorausbestimmung des Spannungsabfalls auf der Gleichstromseite zwischen Leerlauf und Vollast sehr erwünscht. Außerdem hat das amerikanische Verfahren den Vorteil, daß die Bestimmung der Kupferverluste eines fertigen Gleichrichtertransformators ohne Angabe der Wicklungswiderstände gemessen werden kann. Zusätzliche Verluste, die bei der Rechnung nicht berücksichtigt sind, werden durch die Messung unmittelbar erfaßt.

b) Einfluß der Streuung am Transformator.

Die in den Tafeln angegebenen Effektivwerte der Ströme gelten für rechteckig vorausgesetzte Stromkurvenformen, also unter Vernachlässigung der Einflüsse der Induktivitäten in den Stromkreisen. In der Arbeit von Rosskopf ist an Hand eines Beispiels nachgerechnet, daß bei der praktisch auftretenden Kurvenform der Sekundärströme für die sekundäre Gabelschaltung die Sekundärverluste nach den obigen Verfahren um etwa 6 % zu hoch ermittelt werden.

Zusatz des Berichters: Damit man einen Überblick erhält, wie sich die einzelnen Verfahren praktisch auswirken, wurden vom Berichter und seinen Mitarbeitern die Meßergebnisse an drei Gleichrichter-Transformatoren bei 20 ° C in Zahlentafel 4 zusammen-

Zahlentafel 4. Auswertung von Messungen.

lfd. Nr.	Daten des Transformators	Gleichrichterbetrieb V_R	Vorschlag Schweiz $V' = V^1_M + V^2_R$	Abweichg. von V_R	Vorschlag Amerika V^a_M	Abweichg. von V_R
1	5000 V 33 A / 1941 V 925 A 386 kVA I_g = 1040 A	5590 W	5930 W	+ 6,5 %	6930 W	+ 24 %
2	380 V 215 A / 195 V 208 A 192 kVA I_g = 510 A	2610 W	2830 W	+ 8 %	2966 W	+ 14 %
3	15000 V 3,1 A / 1910 V 176 A 2×99 kVA I_g = 100 A	2940 W	3110 W	+ 6 %	3380 W	+ 15 %

gestellt. Man sieht, daß die Meßwerte V_M für die Kupferverluste durchweg höher liegen als die Rechnungswerte V_R. Es gilt daher die Formel

$$V_M = V_R + Z,$$

wobei die zusätzlichen Verluste mit Z bezeichnet sind. Außerdem zeigt sich, daß die nach dem schweizer Verfahren bestimmten Werte niedriger liegen, als die nach dem amerikanischen gemessenen (17,5 %, 6 %, 9 %). Dies ist dadurch erklärlich, daß bei dem schweizer Verfahren die zusätzlichen Verluste nur für den gemessenen Teil V^1_M mit eingehen, in dem rechnerischen Zuschlag V^2_R jedoch unberücksichtigt bleiben. In dieser Hinsicht erscheint das amerikanische Verfahren richtiger und für den praktischen Gebrauch besser geeignet.

Deutsche Regeln für Stromrichter.

In dem Entwurf[1]) für die Regeln für die Bewertung und Prüfung von Stromrichtern ist folgender Vorschlag für die Bestimmung der Kupferverluste bei sechsphasigen Schaltungen enthalten. Bei den Schaltungen mit sekundärem Doppelstern deckt sich die deutsche Regel vollständig mit der amerikanischen, bei den Schaltungen mit sekundärer Gabel ist die Messung 3 des amerikanischen Verfahrens vorgesehen mit einem rechnerischen Zuschlag. Aus den erläuterten Gründen wird vorgeschlagen, in die deutschen Regeln auch für die sekundären Gabelschaltungen den amerikanischen Vorschlag zu übernehmen. [Th. Rosskopf, Electrotechniek 13 (1935) S. 101.]

Jm.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 3, S. 75.

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 383 : 621. 317. 39 . **Photoelektrische Schnellzähleinrichtungen.** — Lichtelektrische Zählrelais haben gegenüber mechanisch gesteuerten große Vorteile. Es lassen sich sehr hohe Zählgeschwindigkeiten erreichen, da einmal das trägheitslose Arbeiten von Photozelle und Verstärker ausgenutzt werden kann und zum anderen mechanische Schalteinrichtungen möglichst vermieden werden. Weitere Vorzüge ergeben sich daraus, daß dem zu untersuchenden System keine Arbeit entzogen wird und keine Berührung oder gar Abnutzung des zu prüfenden Gegenstandes stattfindet. So entstehen Anwendungsmöglichkeiten, die sich bisher nur mit verhältnismäßig großem Aufwand befriedigend schaffen ließen.

In Technik und Wissenschaft, im Verkehr und beim Sport ergibt sich oft die Notwendigkeit des genauen Zählens. Heute steht hierfür eine umfassende Auswahl von Photozellengeräten zur Verfügung. Unter Verwendung von Photozellen werden Lichtschwankungen in elektrische Stromänderungen oder Impulse umgewandelt, die ihrerseits entweder unmittelbar oder verstärkt weitere Steuerglieder beeinflussen. Hierzu werden oft Alkaliphotozellen benutzt. Die schalttechnische Vereinigung von Photozellen und gittergesteuerten Entladungsgefäßen eröffnet weitere Verwendungsmöglichkeiten, besonders hinsichtlich großer Schalthäufigkeit und Schaltleistung.

Je nach den Erfordernissen werden mehr oder weniger verwickelte Geräte verwendet. Das Klein-Lichtrelais ist eines der einfachsten. Mit ihm können in Verbindung mit einem Rollenzählwerk bis zu fünf Zählungen je Sekunde vorgenommen werden. Mit einer besonderen Lichtquelle oder mit einem Scheinwerfer ist es möglich, fast beliebige Entfernungen zu überbrücken. Zum Aussteuern sind 30 Lux Helligkeitsunterschied nötig. Photozellen und Verstärkerteil werden unmittelbar mit Wechselspannung gespeist.

Bei höheren Zählgeschwindigkeiten findet das Schnellzählrelais Verwendung. Hierbei ist die Empfindlichkeit dadurch erhöht worden, daß das Gerät mit gleichgerichteter und geglätteter Spannung betrieben wird. Das Schnellzählrelais benötigt eine Belichtungszeit (bzw. eine Verdunkelungszeit) von nur $^1/_{100}$ s. In Verbindung mit einem Zeigerzählwerk lassen sich bis zu 20 Zählungen je Sekunde erreichen. Die Photozellengeräte eignen sich jedoch nicht allein zum Zählen, sondern sie sind mit Vorteil auch zur Erfassung schnell ablaufender Vorgänge verwendbar. In diesem Zusammenhang sei besonders auf die Zeitmessung mit lichtelektrischen Verfahren hingewiesen, die gerade jetzt immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Mit Hilfe des Thyratron-Zählers läßt sich die doppelte, vierfache oder achtfache Zählgeschwindigkeit erreichen, d. h. bis zu 160 Zählungen je Sekunde. Die auf die Photozelle wirkenden Lichtimpulse werden verstärkt dem Zähler zugeführt. Je nach der Anzahl der Stufen dieses Zählers — jede Stufe besteht im wesentlichen aus zwei Entladungsgefäßen — erreicht man die oben angegebenen Geschwindigkeiten. Derartig hohe Zählgeschwindigkeiten kommen beispielsweise für Drehzahlmessungen bis 10 000 U/min in Frage. Sollen noch größere Drehzahlen gemessen werden, so ist eine weitere vierte Stufe notwendig, die eine nochmalige Verdoppelung der zu zählenden Impulse gestattet. Der Vorteil der Drehzahlmessung mit Photozelle liegt vor allem darin, daß keinerlei mechanische Antriebsteile erforderlich sind. Besonders bei kleinen Maschinen mit hohen Drehzahlen verbraucht der Antrieb der sonst üblichen Drehzahlmesser einen erheblichen Leistungsanteil, der häufig nicht zur Verfügung gestellt werden kann. [Mäder, AEG-Mitt. (1936) S. 266.] *Eb.*

621. 317. 785 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Beichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 414[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden den Systemen $\boxed{150}$ und $\boxed{162}$ folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 187.

Digitized by Google

I. Zusatz zu System 150 die Formen W3kS, W3kSr und W3kr, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System 162, die Form W6kor, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der **Deutschen Zähler-Gesellschaft m. b. H.** in **Hamburg.**

Berlin-Charlottenburg, den 27. Juni 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Stark."

Beschreibung[1]):

Zu I.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 258 vom 26. 3. 1928[2]) zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Form W3k des Systems 150 werden auch in einer geänderten Ausführung hergestellt und können in dieser Ausführung für die beiden Meßbereiche 5 A 220 V 50 Hz und 10 A 110 V 50 Hz beglaubigt werden. Die Änderungen bestehen darin, daß die Scheibendicke erhöht ist und die Windungszahlen der Strom- und Spannungsspulen sowie die Drehzahl der Zähler herabgesetzt sind. Die Zähler dieser Ausführung haben die Formbezeichnung W3kS.

Die Zähler können auch mit einer Vorrichtung zur Kompensation des Temperatureinflusses ausgeführt werden. Sie führen dann die Formbezeichnung W3kSr.

Auch die Zähler der Form W3k des Systems 150 können diese Vorrichtung erhalten. Sie führen dann die Formbezeichnung W3kr und können für die Nennstromstärken von 3 bis 20 A, für Nennspannungen bis 250 V und für Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden.

Die untersuchten Zähler der Form W3kS hatten bei Nennlast ein Drehmoment von etwa 5,3 cmg. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 31 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu 22 U/min ermittelt. Der Eigenverbrauch im Stromkreis betrug etwa 0,40 W bei 5 A und etwa 0,50 W bei 10 A Nennnstrom. Der Eigenverbrauch im Spannungskreis belief sich auf etwa 0,87 W bei 110 V und auf etwa 0,78 W bei 220 V Nennspannung.

Zu II.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 376 vom 29. 1. 1935[3]) zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der Form W6ko des Systems 162 werden auch mit der gleichen Vorrichtung zur Kompensation des Temperatureinflusses hergestellt wie die Zähler der unter I genannten Formen W3kr und W3kSr. Die Zähler dieser Ausführung führen die Formbezeichnung W6kor und können für Nennstromstärken von 3 bis 20 A, für Nennspannungen bis 250 V und für die Nennfrequenz 50 Hz beglaubigt werden.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 396. 615. 11/14 **Schwingungserzeuger für rein sinusförmige Schwingungen in einem großen Frequenzbereich.** — Gelegentlich der Untersuchung der Leitfähigkeit von organischen Geweben haben Monnier und Bazin die Eigenschaften der in Abb. 3 gezeigten Ersatzschaltung für Muskelfasern theoretisch und experimentell untersucht. Wenn die Zeitkonstanten $T_1 = r_1 C_1$ und $T_2 = r_2 C_2$ ungleich sind, so entsteht bei einem Strome i durch den Widerstand R eine Spannung v an den Enden A und B der Brückenschaltung, die durch die Differentialgleichung (1) gekoppelt sind:

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{2B}{T}\cdot\frac{dv}{dt} + \frac{(B^2-1)}{T^2}v = \frac{2R}{T}\cdot\frac{di}{dt}, \qquad (1)$$

wobei

$$B = \frac{(k+1)}{(k-1)}; \qquad T = 2k\cdot\frac{T_1}{(k-1)}; \qquad k = \frac{T_2}{T_1}.$$

Diese Gleichung, die an eine normale Schwingungsgleichung erinnert, läßt sich anschaulicher in der in Deutschland üblichen symbolischen Darstellung schreiben:

$$\Im R(T_1 - T_2) = \mathfrak{U}\left[T_1 + T_2 + \frac{1}{j\omega}(1 - \omega^2 T_1 T_2)\right]. \qquad (1a)$$

Wie ersichtlich, tritt Resonanz bei $\omega^2 = 1/T_1 T_2$ ein, wenn der Strom $\Im$ ein Minimum bei konstanter Spannung $\mathfrak{U}$ besitzt. Wird mit Hilfe von Verstärkerröhren die Spannung $\mathfrak{U}$ mit dem Strome $\Im$ derartig gekoppelt, daß $\Im = S\,\mathfrak{U}$ wird (S die Steilheit der Röhren), so gehen Gl. (1) und (1 a) in folgende Form über, aus welcher unmittelbar die Frequenz und Amplitude der selbsterregten Schwingungen zu entnehmen ist:

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{2(B-RS)}{T}\cdot\frac{dv}{dt} + \frac{(B^2-1)}{T^2}\cdot v = 0 \qquad (2)$$

bzw. in symbolischer Schreibweise:

$$T_1 + T_2 - RS(T_1 - T_2) - \frac{1}{j\omega}(1 - \omega^2 T_1 T_2) = 0. \qquad (2a)$$

Daraus folgt die Frequenz der Schwingungen:

$$\omega^2 = \frac{1}{T_1 T_2} \qquad (3)$$

und die bei gegebenen Schaltelementen erforderliche Steilheit S:

$$S = \frac{1}{R}\cdot\frac{(T_1+T_2)}{(T_1-T_2)} = \frac{1}{R}\cdot\frac{\left(1+\frac{r_1 C_1}{r_2 C_2}\right)}{\left(1-\frac{r_1 C_1}{r_2 C_2}\right)}. \qquad (4)$$

Somit hängt die Frequenz der erregten Schwingungen vom Produkte der Zeitkonstanten ab, während die Amplitude (Steilheit S) vom Quotienten bestimmt wird. Werden die Widerstände r_1 und r_2 in ihrer absoluten Größe bei konstantem Verhältnis zueinander geregelt, so ändert sich wohl die Frequenz nach Gl. (3), nicht aber die Amplitude nach Gl. (4). Dasselbe gilt auch für die Kapazität C_1 und C_2. Praktisch gesprochen läßt sich die Frequenz in einem kleinen Bereiche durch die Widerstände und in größeren Stufen durch Kapazitäten ändern. In der praktischen Ausführung können statt der einfachen Röhren Verstärker eingebaut werden. Die erzeugte Wechselspannung wird an zwei im Anodenkreise liegenden Widerständen abgegriffen.

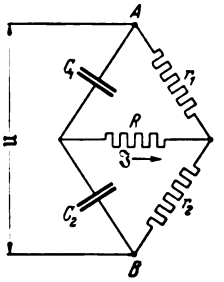


Abb. 3. Ersatzschaltung.

Da beide Gleichungen (3) und (4) frequenzunabhängig sind, ist es möglich, bei der Regelung in einem breiten Frequenzbereich vollkommen konstante Amplituden zu bekommen, was für verschiedene Zwecke von Vorteil ist. Die Verfasser haben ein Frequenzbereich von 30 000 bis $^1/_{30}$ Hz verwirklicht. Dabei sind die Schwingungen streng sinusförmig, da für andere Frequenzen als für die nach Gl. (3) keine Selbsterregung möglich ist. Ein Beispiel der praktischen Ausführung zeigt Abb. 4. [A. M. Monnier u. J. Bazin, C. R. Acad. Sci., Paris, 202 (1936) S. 828.] *Ph.*

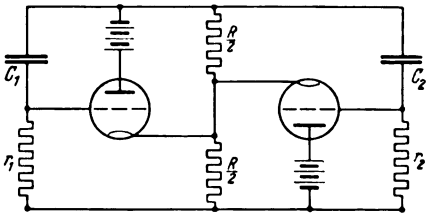
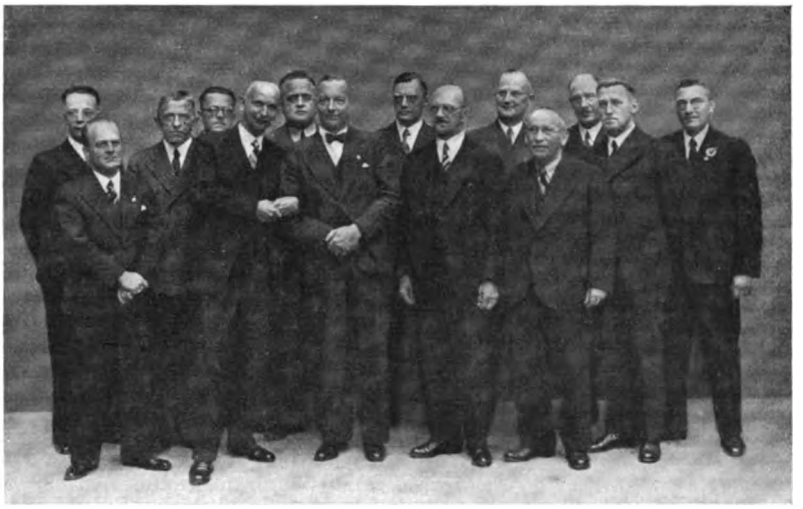


Abb. 4. Ausführungsbeispiel.

[1]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 414 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[2]) ETZ 49 (1928) S. 1048.
[3]) ETZ 56 (1935) S. 767.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.



Von links nach rechts:
L. Weis
E. Beck
A. Molly
H. Kurz
M. Howald
L. Nolte
H. Blendermann
Th. Dall
V. Zimmermann
R. Brey
R. Naujoks
Fr. Jordan
E. Klingenberg
L. Nawo

Die Teilnehmer der 25-Jahr-Feier des Ausschusses für Elektrowärmegeräte im VDE-Haus am 2. 10. 1936.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Sicherungswesen.

Der Ausschuß für Sicherungswesen hatte in ETZ 57 (1936) H. 23, S. 669 einen Entwurf zu

VDE 0641 „Leitsätze für Leitungsschutzschalter bis 15 A 380 V"

veröffentlicht. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche sind nachstehende Änderungen an dem Entwurf vorgenommen worden. Dieser endgültige Wortlaut wurde durch den Vorsitzenden des VDE im Oktober 1936 genehmigt und tritt am 1. Oktober 1937 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

VDE 0641/1936

Leitsätze für Leitungsschutzschalter bis 15 A 380 V.

[Änderungen gegenüber dem Entwurf in ETZ 57 (1936) H. 23, S. 669.]

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze gelten für Erzeugnisse, die nach dem 1. Oktober 1937 hergestellt werden.[1])

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Leitsätze gelten für Leitungsschutzschalter bis einschließlich 15 A 380 V.[2])

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Oktober 1936. Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 669 und 1309.

[2]) Zusätzliche Bestimmungen für Leitungsschutzschalter bis 25 A in Vorbereitung.

§ 8.

Bauformen.

LS werden 1-, 2- und 3-polig mit oder ohne abschaltbaren Nulleiter ausgeführt.

Bei LS mit abschaltbarem Nulleiter muß der Nulleiter zwangläufig mit den übrigen zugehörenden Leitern abgetrennt werden.

§ 12.

Unverwechselbarkeit und Maßnormen.

Die Unverwechselbarkeit der LS mit Schraubgewinde muß durch Einhaltung von DIN VDE 9500 gewährleistet sein.

§ 15.

Anschlußschrauben und Anschlußklemmen.

Anschlußschrauben für die Zuleitungen müssen DIN VDE 6200 und 6206 entsprechen und den Anschluß von Leitungsquerschnitten von 1 bis 6 mm² ermöglichen.

Die Anschlußvorrichtungen müssen einen ordnungsmäßigen Anschluß der Leitungen gestatten und so gestaltet und angeordnet sein, daß Stromübergänge zwischen Strom führenden Teilen untereinander oder zum Gehäuse nicht zu befürchten sind.

Bei LS für vorderseitigen Anschluß muß das Anklemmen der Leitungen nach dem Befestigen des Sockels und die Bedienung der Anschlußklemmen von der Vorderseite aus möglich sein.

§ 17.

Aufschriften.

Die LS müssen folgende Aufschriften erhalten:
1. Nennspannung (V),
2. Nennstrom (A),
3. Ursprungszeichen.

Aufschriften müssen dauerhaft und gut lesbar ausgeführt und bei LS mit abnehmbarer Abdeckung auch auf dem ortsfesten Teil nach Abnahme der Abdeckung sichtbar sein.

§ 20.

Auslösestrom.

Der 1. Absatz erhält folgenden Wortlaut:

Die Prüfung der Auslösung wird bei einer Raumtemperatur von 20 ± 5 ° nach folgender Tafel durchgeführt: . . .

Digitized by Google

§ 22.

Verhalten im Gebrauch.

Der LS wird betriebsmäßig angeschlossen, unter praktisch induktionsfreier Wechselstrombelastung bei Nennspannung und Nennstrom mit einer Schalthäufigkeit von 600 Stellungswechseln je Stunde 4000mal ein- und 4000mal ausgeschaltet. Falls der LS sich dabei nicht einschalten läßt, ist künstliche Kühlung zulässig. Prüfschaltung gemäß Schaltbild in Abb. 1.

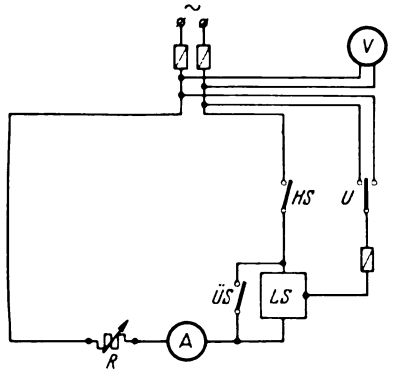


Abb. 1.

Nach der Hälfte der Schaltungen sind 6 Kurzschlußabschaltungen und 3 Wiedereinschaltungen mit Wechselstrom gemäß § 23 auszuführen.

Der Umschalter *U* wird bei 1- und 2-poligen LS nach der Hälfte, bei 3- und 4-poligen LS nach je einem Drittel der Prüfzeit umgelegt.

Nach der Prüfung dürfen sich Kontaktverbindungen nicht gelockert haben, Vergußmasse darf nicht ausgelaufen sein.

Der LS muß nach dieser Prüfung einer Spannungsprüfung mit 1000 V (ohne Feuchtigkeitsvorbehandlung) und einer Prüfung der Auslösung mit dem höchsten Prüfstrom genügen.

Bei der Prüfung der Auslösung ist für den größten Prüfstrom eine Abweichung von + 10 % zulässig.

1-polige LS werden 1-polig, 2-polige und 3-polige LS 2- und 3-polig geprüft.

§ 23.

Kurzschluß.

Der 2. Absatz erhält folgenden Wortlaut:

Die Kurzschlußprüfung ist bei LS für 250 V bei 250 V und bei LS für 380 V bei 420 V durchzuführen.

Abb. 2 wird wie folgt geändert:

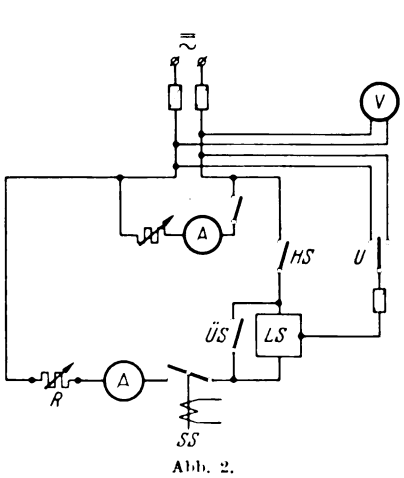


Abb. 2.

§ 24.

Schaltleistung.

Der 3. Absatz erhält folgenden Wortlaut:

LS für 250 V werden bei 250 V, LS für 380 V bei 420 V mit 1, 2, 4, 6, ...

Abb. 3 wird wie folgt geändert:

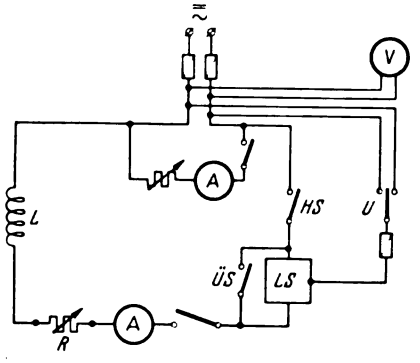


Abb. 3.

§ 25.

Abschaltgeschwindigkeit.

LS für 250 V werden bei 250 V, LS für 380 V bei 420 V zur Feststellung der Abschaltgeschwindigkeit mit einem 85 mm langen, offen zwischen 2 Klemmen ausgespannten Feinsilberdraht (mindestens 99 % Silbergehalt) in Reihe geschaltet und in den Stromkreis gemäß § 23 eingeschaltet, dessen Widerstand so bemessen ist, daß bei Überbrückung des LS und des Schmelzdrahtes eine Dauerstromstärke von 500 A bei Gleichstrom entsteht (Schaltbild in Abb. 4).

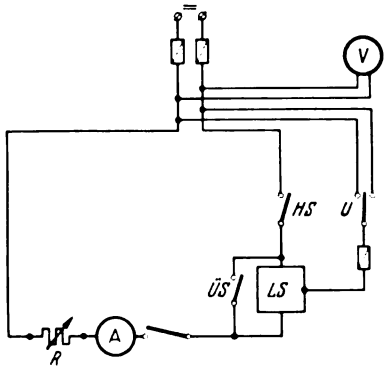


Abb. 4.

Der LS muß auslösen, ohne daß der vorgeschaltete Schmelzdraht von nachstehend aufgeführtem Durchmesser abschmilzt:

Nennstromstärke des LS	6	10	15 A,
Durchmesser des vorgeschalteten Schmelzdrahtes	0,40	0,45	0,47 mm

Zwischen den einzelnen Schaltungen ist festzustellen, ob der Schmelzdraht sich genügend abgekühlt hat.

§ 26.

Erwärmung.

Die folgenden Erwärmungen dürfen bei Dauerbelastung mit dem kleinsten Prüfstrom nicht überschritten werden:

Außenteile, die bei der Betätigung berührt werden	40 °,
sonstige Außenteile	55 °,
isolierte Wicklungen	75 °,
blanke Wicklungen	80 °,
Kontaktstücke	90 °.

Die Prüfung wird mit Wechselstrom ausgeführt.

Die Erwärmung wird geprüft:

Bei Wicklungen durch Widerstandsmessung,

„ Außenteilen mittels Thermometer oder Thermoelement,

„ Kontaktstücken mittels Thermoelement oder nach einem anderen geeigneten Meßverfahren.

Vor und nach der Prüfung wird der Gesamtspannungsabfall bei Gleichstrom ermittelt.

Digitized by Google

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 20. November 1936, findet eine Besichtigung des Kabelwerkes Oberspree der AEG, Berlin-Oberschöneweide, Wilhelminenhofstraße 76/77, statt.

Näheres ist aus den VDE-Mitteilungen (Nr. 12) vom 4. 11. 36 zu ersehen.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33 statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. A. Allerding VDE.
5. 11. 1936: „Meßtechnik zur Prüfung von Rundfunkempfängern", Vortragender: Dipl.-Ing. H. Jungfer.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
11. 11. 1936: „Messungen an Transformatorenblech", Vortragender: Dipl.-Ing. H. Vahl VDE.

Theoretische Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
12. 11. 1936: „Über Maßnahmen zur Flimmerbeseitigung in Gleich- und Wechselstrom-Beleuchtungsanlagen", Vortragender: Dr.-Ing. H. Anschütz VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d Knesebeck VDE.
13. 11. 1936: „Bauformen moderner Wasserkraftwerke", Vortragender: Oberingenieur O. Uitting.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

Gau Kurpfalz, Mannheim. 6. 11. (Fr), 20^{15}, Otto-Beck-Straße 21: „Turbinen für höchste Drücke und höchste Temperaturen". Obering. Meyer.

Gau Magdeburg. 10. 11. (Di), 20^{15}, Ver. Techn. Staatslehranstalten: „Sicherheitsgrad moderner Hochspannungsanlagen bei Staffelung der Isolation von Fernleitung und Station". Dr. V. Aigner VDE.

Gau Mittelhessen, Frankfurt a. M. 10. 11. (Di), 20^{00}, Kunstgewerbeschule: „Die neuesten Fortschritte in der Höchstspannungskabeltechnik" (m. Lichtb.). Dr. W. Vogel VDE.

Gau Niedersachsen, Hannover. 10. 11. (Di), 20^{15}, T. H.: „Röntgentechnische Untersuchungen". Dipl.-Ing. Feuerhake VDE.

Gau Nordhessen, Kassel. 13. 11. (Fr), 20^{00}, Landesmuseum: „Neuerungen auf dem Gebiete der öllosen Schalter und ihre Antriebe" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. L. Schmitz VDE.

Gau Ruhr-Lippe, Dortmund. 11. 11. (Mi), 20^{00}, Techn. Staatslehranstalt: „Die gittergesteuerten Stromrichter" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dr.-Ing. P. Werners VDE.

Gau Südhessen, Darmstadt. 11. 11. (Mi), 20^{15}, T. H.: „Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiete der geschlossenen Sicherungen". Dr. Johann.

Gau Südsachsen und ADB Gruppe Starkstromtechnik im Maschinenbau, Chemnitz. 5. 11. (Do), 20^{00}, Staatl. Akademie für Technik: „Überblick über den heutigen Entwicklungsstand der Elektrofahrzeuge, sowie über deren wirtschaftlichen Einsatz im Nahverkehr" (m. Lichtb.). Obering. M. Löffler.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Wecken. — Am 19. 10. war der Direktor des Städtischen Elektrizitätswerkes Hannover, Herr Dr.-Ing. Wilhelm Wecken VDE, 25 Jahre in den Diensten der Stadt Hannover. Nach Abschluß des technischen Studiums war er bei den Firmen Siemens & Halske, Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin und bei der Elektrizitäts-AG. vorm. W. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a. M. tätig. 1911 trat Herr Dr. Wecken als Oberingenieur in die Dienste der Stadt Hannover, Abt. Elektrizitätswerk, wobei ihm wichtige Aufgaben zufielen, u. a. der Ausbau des Kraftwerkes Herrenhausen, die allmähliche Umstellung des Leitungsnetzes von Gleich- auf Drehstrom und die Errichtung von fünf größeren neuzeitlichen 30 kV-Umspannwerken. Ende 1932 erfolgte seine Ernennung zum Direktor des Elektrizitätswerkes. Dem VDE gehört Herr Dr. Wecken ebenfalls seit 25 Jahren an; mehrere Jahre war er 1. Vorsitzender des damaligen Elektrotechnischen Vereins Hannover, der unter seiner tatkräftigen Leitung sehr gefördert wurde.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik. Von M. Langer. Mit 213 Abb. u. 352 S. im Format B 5. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1936. Preis geb. 8 RM.

Das Buch stellt eine in vielen Einzelfragen erweiterte Sammlung der bekannten Arbeiten des Verfassers auf dem Gebiet der Fernsprechtechnik dar und gibt einen zusammenhängenden Überblick über alle Grundfragen der Netzgestaltung und der Konstruktionen. Im ersten Teil, der sich mit dem Ortsverkehr beschäftigt, werden insbesondere die Berechnung der Leistung von Leitungsbündeln, die zweckmäßige Anordnung der Ämter und der Aufbau der Schaltungen und des Netzes besprochen. Dabei ist das in Deutschland verwendete Schrittwählersystem besonders betont; es werden aber auch sorgfältige Vergleiche mit dem Maschinenwählersystem durchgeführt. Der zweite Teil behandelt die Fragen des Fernverkehrs, besonders die der Fernnetzgestaltung und des wirtschaftlichen Aufbaus der Ämter. Bei allen Betrachtungen werden die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen vorangestellt, so daß ein klarer Einblick in die Lösungsmöglichkeiten entsteht; besonders interessant ist in dieser Beziehung der Abschnitt über die Entwicklung von Schaltungen.

Die übersichtliche Darstellung, die nur verhältnismäßig geringe Vorkenntnisse voraussetzt und doch an keiner wichtigen Frage vorübergeht, sowie die große Gründlichkeit und Sachkenntnis, mit der alle Fragen behandelt sind, machen das Buch zu einer wertvollen Bereicherung des Schrifttums über Fernsprech- und Wählertechnik. Dem Studierenden und dem auf dem Wählergebiet tätigen Ingenieur werden besonders auch die in großer Zahl enthaltenen praktischen Zahlenangaben und Erfahrungen von Nutzen sein. Hinsichtlich der in der Wählertechnik grundlegenden Größe TC fällt auf, daß noch keine einheitliche Handhabung besteht. Diese Größe stellt das Produkt aus mittlerer Belegungszeit mit der Belegungszahl je Zeiteinheit dar, ist also eine reine Zahl, so daß man nicht von TC-Stunden oder TC-Minuten oder von einem Verkehr von 4,8 TC sprechen sollte. Zweckmäßig wäre eine einheitliche Benennung, z. B. Verkehrswert, und die Angabe als Zahlenwert. K. Küpfmüller VDE.

Digitized by Google

Die kommunale und genossenschaftliche Elektrizitätsversorgung im rechtsrheinischen Bayern. Von Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Dr. E. Konrad. Mit 124 S. im Format 165 × 235 mm. Verlag Fritz & Joseph Voglrieder, München und Leipzig 1936. Preis kart. 4,50 RM.

Der Verfasser bringt in ähnlicher Weise wie die auf Grund der Produktionserhebungen des Statistischen Reichsamtes herausgegebenen Veröffentlichungen über Elektrizitätswirtschaft statistische Zusammenstellungen, die lediglich die kommunale und genossenschaftliche Elektrizitätswirtschaft im rechtsrheinischen Bayern betreffen und auf diesem Teilgebiete bisher noch nicht vorlagen. Behandelt wird im wesentlichen die Entwicklung vor und nach dem Kriege, die Unterteilung der Betriebe in solche mit eigenen Erzeugungsanlagen mit und ohne Fremdstrombezug und solche mit ausschließlichem Fremdstrombezug, die Zahl und Leistungsfähigkeit der Eigenerzeugungsanlagen, die Art der Kraftquellen (Kohle, Wasser, Öl), die erzeugten und bezogenen Arbeitsmengen und insbesondere die Ausnützung der zur Verfügung stehenden Leistungen, nebenbei auch die Leitungsarten (Freileitungen und Kabel) und die Tarifformen. Die Gemeinden werden dabei in vier Gruppen, nämlich solche mit bis zu 5000, 5000 bis 25 000, 25 000 bis 100 000 und über 100 000 Einwohnern unterteilt. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß die Ausnützung sowohl der kommunalen als auch der genossenschaftlichen Werke eine äußerst unbefriedigende ist, daß eine Verbesserung in dieser Hinsicht im Interesse einer Verbilligung und einer noch weitergehenden Verwendung des elektrischen Stromes notwendig und daß diese Verbesserung durch einen engeren Zusammenschluß der Werke und Erschließung neuer Anwendungsgebiete des elektrischen Stromes anzustreben ist.

J. Leonpacher.

Fernsehen von heute. Die Vorgänge beim Fernsehen. Von Ing. O. Kappelmayer. Mit 40 Abb. u. 62 S. im Format A 5. Verlag Georg Siemens G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 2 RM.

Das Büchlein gibt einen kurzen und erschöpfenden Überblick über den heutigen Stand und die noch zu lösenden Aufgaben der Fernsehtechnik. Allerdings wird beim Leser schon allerlei vorausgesetzt; er muß u. a. wissen, was ein Synchronmotor ist und was Pupinisieren heißt. Manche Fremdwörter ließen sich sicher vermeiden.

Karl Mühlbrett VDE.

Grundlagen des Aufzugsbaues. Von Dr. M. Paetzold †. Nachtrag und Anhang: Änderungen der „Technischen Grundsätze für den Bau von Aufzügen" seit 1926. Von Dipl.-Ing. F. Köhler. Mit 50 Textabb., IV u. 37 S. im Format 200 × 280 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geh. 6,60 RM.

Die seit einem Jahrzehnt im Aufzugsbau entwickelten Neuerungen und Vervollkommnungen bilden den Gegenstand des vorliegenden Ergänzungsheftes. So wird in ihm u. a. die zwischenzeitliche Entwicklung des getriebelosen Motorantriebes bei Treibscheibenaufzügen, der Feineinstellungen und einiger Steuerungen behandelt. Von besonderem Interesse sind auch die Ausführungen des Verfassers über Fahrtreppen. Den Beschluß des nützlichen Buches bilden die Änderungen der „Technischen Grundsätze für den Bau von Aufzügen". Die Köhlersche Arbeit kann allen, die mit Aufzügen eingehender zu tun haben, zum Studium nur empfohlen werden.

C. Michenfelder.

Mechanik. Statik und Dynamik der festen Körper und der Flüssigkeiten und Festigkeitslehre. Bearb. von Prof. Dipl.-Ing. G. Haberland unt. Mitwirk. v. Dr.-Ing. F. Haberland. 4. neubearb. Aufl. Mit 238 Abb., VIII u. 228 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1936. Preis kart. 3,60 RM.

Es ist wohl die beste Beurteilung der vorliegenden Mechanik, daß bereits nach drei Jahren eine Neuauflage erforderlich ist. In kurzen, klaren Sätzen behandelt der Verfasser die wesentlichsten Grundlagen der Mechanik und erläutert sie an vielen bis zum Ergebnis durchgerechneter Beispiele. An die Vorkenntnisse des Lesers werden keine großen Anforderungen gestellt. Ein Vertrautsein mit den Grundlehren der Geometrie und dem Buchstabenrechnen genügt. Das Buch ist ganz vorzüglich als Leitfaden für den Mechanikunterricht an Fachschulen geeignet, aber auch später wird mancher Praktiker es wegen seiner straffen Gliederung gern als Nachschlagewerk benutzen.

Horst Müller.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

„Swirjstroj" — Material über die Errichtung der Wasserkraftanlagen am Flusse Swirj in der UdSSR., herausgegeben unter der Leitung des Bauleiters und Hauptingenieurs G. O. Graftio. 6 Hefte. Leningrad 1934—35. Preis je Heft 5 Rubel.

[Es liegen 6 Hefte einer Sammelarbeit vor, herausgegeben von der Verwaltung des Wasserkraftwerkes „Swirjstroj" in der UdSSR.

Das Swirj-Wasserkraftwerk ist 1933 in Betrieb gekommen und beteiligte sich 1934 mit über 1 Mill kWh täglich an der Strombelieferung Leningrads.

Das Bauwerk ist auf außerordentlich nachgiebigem, wenig widerstandsfähigem Grund aufgeführt, wie er sonst bei der Errichtung von Anlagen solcher Größe kaum vorgekommen sein dürfte. Die 240 km lange Fernleitung wird als erste in der UdSSR. mit 220 kV betrieben und ist, ebenso wie die gesamte Hochspannungsausrüstung, von russischen Werken geliefert worden. Auch die 30 000 kVA-Generatoren sind die ersten, in der UdSSR. hergestellten, dieser Größe.

Die Bau- und Betriebsverwaltung hat deshalb beschlossen, die gesammelten Erfahrungen zu veröffentlichen und hat seitdem sechs Hefte herausgegeben mit insgesamt etwa 50 Aufsätzen recht verschiedenen Inhalts. So finden sich u. a. folgende Aufsätze. Allgemeine Betrachtungen zur Ausnutzung der Swirj-Wasserkräfte; Entwurf der Organisierung der Bauarbeiten; Geotechnik und die Stabilitätsfragen bei Wasserbauten; Wärmeverluste bei Betonarbeiten im Winter; Besondere Eisformen und deren Bekämpfung; Hydrotechnische Analyse beim Entwurf und Bau von Wasserkraftwerken auf nachgiebigem Grund; Untersuchungen und Berechnungen betreffend die Wasserabkühlung der Swirj; Berechnungen betreffend Steinaufschüttungen ins fließende Wasser und Erfahrungen beim Bau der Hilfsdämme; Ein Verfahren zur Berechnung der Kräfte an der Welle eines senkrechten Generators bei Kurzschluß; Zur Normung der Entwurfsarbeiten bei der Errichtung von Wasserbauten.] Johs. Sauer.

Eingegangene Doktordissertationen.

Adolf Löhr, Die Veränderung der Schwingungsfestigkeit und der Dämpfungsfähigkeit infolge hydraulischen Drükkens. Bau einer hydraulischen Drückanlage. T. H. Braunschweig 1936. (Erscheint gleichzeitig als Heft 29 der „Mitteilungen des Wöhler-Instituts", Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.)

Willem Arie Herweijer. Die Zerspanbarkeit von Automatenkupferlegierungen beim Dreh- und Bohrvorgang. T. H. Aachen 1935. S. A. aus „Die Werkzeugmaschine" 40. Jahrg., H. 1 u. 2, Carl Heymanns Verlag, Berlin.

Else Kleinke. Über die Messung von Dielektrizitätskonstanten fester Körper mit Hilfe der Mischungsmethode. T. H. Aachen 1935.

Berichtigung.

In der Bekanntmachung VDE 0260/1936 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen", H. 43, S. 1251 der ETZ d. J. muß in Tafel IV, Spalte 2 links die erste Zahl 1,1 statt 1,0 heißen. (Dicke des Bleimantels bei Kabeln bis 1 kV und einem Durchmesser unter dem Bleimantel bis 12 mm.)

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56.

Abschluß des Heftes: 30. Oktober 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 12. November 1936** **Heft 46**

Fahrzeitgewinn bei elektrischem Zugbetrieb.

Von **Hans Kother VDE**, Berlin.

621. 335. 1 : 656. 22

Übersicht. Untersuchungen von elektrischen und Dampflokomotiven sind bekannt, die sich auf Fahrzeuge von gleichem Reibungsgewicht beziehen, wobei die elektrische Lokomotive eine durchweg 60 % höhere Leistung aufweist. Da bei solchem Vergleich infolge der Mehrleistung der Ellok nicht erkennbar ist, inwieweit ihr geringes Baugewicht und ihre Überlastungsfähigkeit zu ihrer Überlegenheit über die Dampflok beitragen, werden in dem vorliegenden Aufsatz Dampf- und Elektrolokomotiven verglichen, deren Dauerleistungen am Treibrad gleich sind, wofür die Dampflok ein 25 % höheres Reibungsgewicht und ein 170 % größeres Gesamtgewicht benötigt. Zum Vergleich von Lokomotiven mit beliebiger Dauerleistung und Überlastungsfähigkeit bei verschiedenem Gewicht wird eine „Beschleunigungskennziffer" abgeleitet.

Lokomotivleistungen und -gewichte.

Elektrische Lokomotiven weisen ein wesentlich kleineres Gewicht je Leistungseinheit auf als Dampflokomotiven, wie Zahlentafel 1 zeigt.

Zahlentafel 1.

	Güter- und Personenzuglokomotiven		Schnellzuglokomotiven	
	elektrisch	Dampf	elektrisch	Dampf
Baureihe	E 44	45	E 18	06
Achsanordnung	$B_0' B_0'$	1' E 1'	1' D_0 1'	2' D 2'
Antrieb	4 Tatzenmotoren	Heißdampf-Drilling	4 Gestellmotoren	Heißdampf-Drilling
Gewicht (bei Dampflok mit ²/₃ Vorräten) (t)	80	217	109	224
Dauerleistung (kW)	1840	1940	2930	1940
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	90	90	140 (150)	140
Gewicht (kg) je kW Dauerleistung	43,5	112	37,2	115

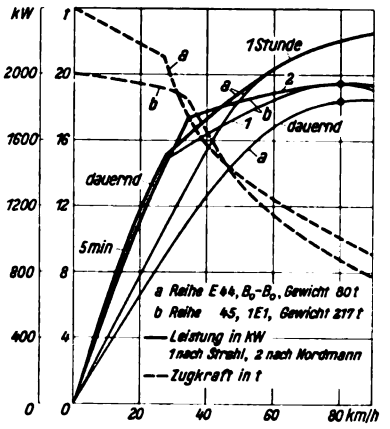
Das größere Gewicht der Dampflokomotiven wirkt sich in geringerer Beschleunigung und besonders in verminderter Anhängelast bei Fahrten in Steigungen aus[1]). Bisher hat die Elektrisierung von früher mit Dampf betriebenen Strecken durchweg eine Erhöhung der Lokomotivleistungen gebracht. Hierbei trat die Überlegenheit des elektrischen Zugbetriebes klar zutage, aber es wurde nicht ohne weiteres ersichtlich, ob hierbei die besonderen Eigenschaften (Überlastungsfähigkeit und geringes Gewicht) der elektrischen Fahrzeuge oder ihre Leistungssteigerung den größeren Anteil an diesem Erfolg hatte. Außerdem ist man meist anzunehmen geneigt, daß der absolute Einfluß des Mehrgewichts der Dampflokomotive um so weniger bemerkbar wird, je größer die angehängte Last ist.

[1]) Wechmann, Elektr. Bahnen, Ergänzungsheft 1936, S. 3 u. 6.

Zugkraft- und Leistungskennlinien.

Die Untersuchung erstreckt sich nur auf die in Zahlentafel 1 mit ihren Hauptdaten aufgeführten Güter- und Personenzuglokomotiven[2]), deren Leistungs- und Zugkraftkennlinien in Abb. 1 aufgetragen sind.

Die in Zahlentafel 1 angegebenen Schnellzuglokomotiven gestatten wegen der Verschiedenheit ihrer Leistungen nicht ohne weiteres die Einwirkungen der besonderen Eigenschaften der elektrischen Lokomotive auf ihr Betriebsverhalten gegenüber der Dampflokomotive zu beurteilen. Am Schluß des Aufsatzes werden deshalb die Schnellzuglokomotiven an Hand einer „Beschleunigungskennziffer" unter Berücksichtigung der Verschiedenheit ihrer Leistungen verglichen.



a elektrische *b* Dampflokomotive

Abb. 1. Kennlinien für gleiche Dauerleistung bei 80 km/h.

Von der Dampflokomotive Reihe 45 ist der Leistungspunkt $Ni_D = 2620$ PS $= 1940$ kW bei 80 km/h gegeben[3]), wobei in der Ebene 1200 t Anhängelast befördert werden sollen. Die elektrische Lokomotive hat bei der gleichen Geschwindigkeit an den Motorwellen die um 5 % kleinere Dauerleistung $Ni_E = 1840$ kW.

Die Leistung von 1940 kW entspricht etwa der Kesselbeanspruchung von 57 kg/m² h, die nach Nordmann „ein Kompromiß zwischen guter Ausnutzung der Lokomotive und ausreichender Schonung des Kessels" darstellt. Zwar könnte vorübergehend — insbesondere durch Ausnutzung der Kessel- und Rostreserve oder durch zusätzliche Speicher — eine höhere Leistung von der Dampflokomotive abgegeben werden, doch ist es bei der Reichsbahn nicht üblich, dies in der Fahrplanermittlung zu berücksichtigen.

Wie schon erwähnt, wird am Schluß des Aufsatzes eine Beschleunigungskennziffer abgeleitet, in der auch die Überlastungsfähigkeit von zu vergleichenden Lokomotiven Berücksichtigung findet. Auf Grund dieser Kennziffer

[2]) O. Michel, Elektr. Bahnen 9 (1933) S. 157.
[3]) R. P. Wagner, Verkehrstechn. Woche 29 (1935) S. 344.

Digitized by Google

könnte man Schlüsse auf das Verhalten von Dampflokomotiven mit Überlastungsfähigkeit ziehen.

Die Zugkraftkennlinie der elektrischen Lokomotive ist in eingehenden Versuchen festgelegt[4]), die der Dampflokomotive aus der theoretisch ermittelten Leistungskurve bestimmt. Zunächst wurde diese nach Strahl[5]) berechnet und dann, den Angaben von Nordmann[6]) folgend, gehoben (bei $V = 34$ km/h um 10 %, vgl. Abb. 1, Leistungskennlinie *b*, 1 und 2).

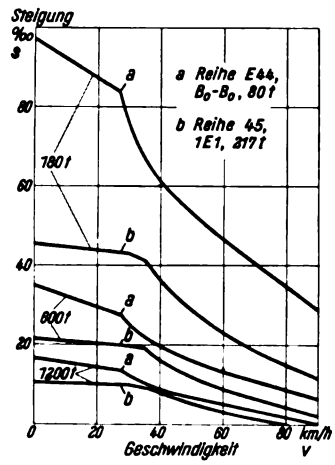
s-v-Kennlinien.

Für die Steigungs-Geschwindigkeits-Kennlinien in Abb. 2 wurde die Gleichung

$$w = 2 + (0{,}007 + m) \cdot \left(\frac{v + 15}{10}\right)^2 \text{ in kg/t}$$

benutzt[7]), wobei sich m aus den Angaben von Wagner[8]) ergibt.

Die hiernach gewonnenen *s-v*-Kennlinien (Abb. 2) zeigen bereits eine so deutliche Überlegenheit der elektrischen Lokomotive selbst für die größten Anhängelasten, wie sie bei der gleichwertigen Leistung in den Zylindern oder den Motorwellen der Lokomotiven kaum vermutet werden konnte (Abb. 1), um so mehr als die von den fünf Treibachsen der Dampflokomotive ausgeübte indizierte Zugkraft im Bereich von 31 bis 46 km/h noch etwas (bis 5 %) höher liegt als die der vier Treibachsen der elektrischen Lokomotive.



a elektrische *b* Dampflokomotive

Abb. 2. Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Steigung.

Dieser Zugkraftüberschuß der Dampflokomotive wird aber, wie Abb. 2 zeigt, insbesondere von dem erhöhten Fahrwiderstand aufgezehrt, den ihr 217 — 80 = 137 t betragendes Mehrgewicht erzeugt.

Fahrzeitgewinn und Wegverkürzung.

Schnelleres Fahren auf einer Strecke verkürzt die Fahrzeit ebenso, als wenn bei geringerer Geschwindigkeit die zurückzulegende Strecke S um ein Stück ΔS kleiner wäre. Der Gewinn an Fahrzeit Δt durch elektrischen Betrieb soll deshalb im folgenden durch diese scheinbare Verkürzung der Strecke ΔS ausgedrückt werden. Denn diese Maßeinheit gibt ein besseres Bild, da $\Delta S = v \Delta t$ gleichzeitig die Fahrgeschwindigkeit v der Züge und ihren Fahrzeitgewinn Δt berücksichtigt und infolgedessen ein Vergleich verschieden schwerer und damit verschieden schneller Züge ohne weiteres in übersichtlicher Weise möglich ist.

Anfahrschaulinien.

Die Anfahrschaulinien — Geschwindigkeit über Zeit — zeigen übersichtlich die Anfahreigenschaften der untersuchten Züge. Solche Schaulinien wurden aufgestellt für 180, 600 und 1200 t Anhängelast und 0, 5 und 10 ‰ Steigung. Zahlentafel 2 gibt als Beispiel die zeichnerisch-rechnerisch ermittelten Werte für den elektrisch beförderten 1200 t-Zug bei $s = 0$ ‰ wieder, die in Abb. 3 zeichnerisch dargestellt sind.

Hierin entspricht die Linie *OE* der Anfahrt des elektrischen, *OD* der des Dampfzuges. Die Fläche *OED* zwischen den Anfahrschaulinien gibt die Strecke von 1,13 km an, die der elektrisch beförderte Zug bei einer einzigen Anfahrt mehr zurückgelegt hat.

Zahlentafel 2.

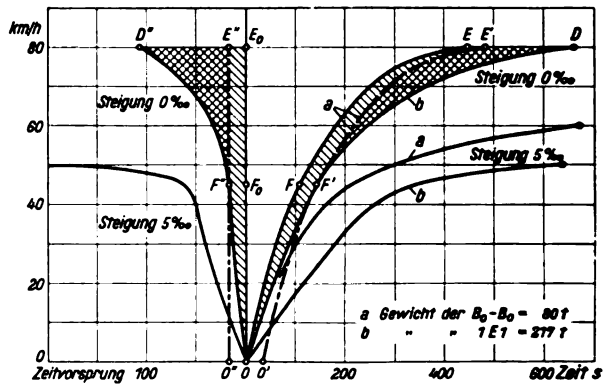
Lok: Reihe E 44, $B_0' B_0'$
Zugart: G Steigung: 0‰
Anhängelast: 1200 t

Massenzuschlag für Lok: $\gamma_l = 30\,\% = 0{,}30 \cdot 80 \quad t = 24$ t
Massenzuschlag für Wagen: $\gamma_w = 6\,\% = 0{,}06 \cdot 1200$ t $= 72$ t

Massenzuschlag für Zug: 96 t, $\gamma = 100 \cdot \frac{96}{1200 + 80} = 7{,}5$ %

v km/h	v_{mittel} km/h	s ‰	ΔS km	S km	Δt s	t s
0				0,000		0
	5	14,9	0,026		19	
10				0,026		19
	15	14,0	0,084		20	
20				0,110		39
	25	12,7	0,150		22	
30				0,260		61
	35	9,7	0,280		29	
40				0,540		90
	45	7,1	0,500		40	
50				1,040		130
	55	5,6	0,770		50	
60				1,810		180
	65	4,1	1,240		68	
70				3,050		248
	75	1,4	2,050		200	
80				5,100		448

Erfolgt die Anfahrt beispielsweise nach einer Geschwindigkeitseinschränkung bis auf 45 km/h, so muß die Linie *OE* so weit parallel verschoben werden, bis der auf *OE* bei $v = 45$ km/h liegende Punkt *F* nach dem auf *OD* liegenden Punkt *F'* gelangt. Nun gibt *F'E'D* den bei Anfahrt von 45 auf 80 km/h ersparten Weg von 0,565 km an.



a elektrische *b* Dampflokomotive

Abb. 3. Anfahrschaulinien für einen 1200 t-Zug.

Die Ermittlung der Wegvorsprünge *OED* oder *F'E'D* erfolgt zweckmäßig nach Abb. 3 links: Dort sind die Vorsprungszeiten Δt, also die Strecken *FF'*, *ED* usw. aufgetragen. Die Anfahrwege für verschiedene Geschwindigkeiten sind in Zahlentafel 3 angegeben.

Zahlentafel 3.

Lok.: E 44, $B_0' B_0'$
Zugart: G Steigung: 0 ‰
Anhängelast: 1200 t

v (km/h)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ΔS (km)	0	0,014	0,053	0,114	0,192	0,290	0,435	0,677	1,132

Die Aufzeichnung der Vorsprungzeiten Δt vereinfacht auch die Bestimmung der Vorsprungwege bei Anfahrt nach Geschwindigkeitseinschränkungen: Die Kurve *O'F'E'* wird zur Geraden *O"F"E"*, der Weg *F'E'D* wird durch *F"E"D"* ersetzt.

In gleicher Weise sind die Anhängelasten 180, 600 und 1200 t bei 0, 5 und 10 ‰ behandelt, das Ergebnis ist in Abb. 4 a und b dargestellt.

[4]) Siehe Fußnote 2.
[5]) Hütte, Bd. III, 25. Auflage, S. 880.
[6]) Hütte, Bd. III, 26. Auflage, S. 1010.
[7]) Hütte, Bd. III, 26. Auflage, S. 1006.
[8]) Siehe Fußnote 3.

Digitized by Google

Abb. 4 a zeigt den Einfluß der Steigung und der von Null aus erreichten Endgeschwindigkeiten auf den Wegvorsprung der elektrischen Lokomotive für Anfahrten in den Steigungen 0, 5 und 10 ‰ bei verschiedenen Anhängelasten. Aus den Kurvenscharen ist zu ersehen, daß sich

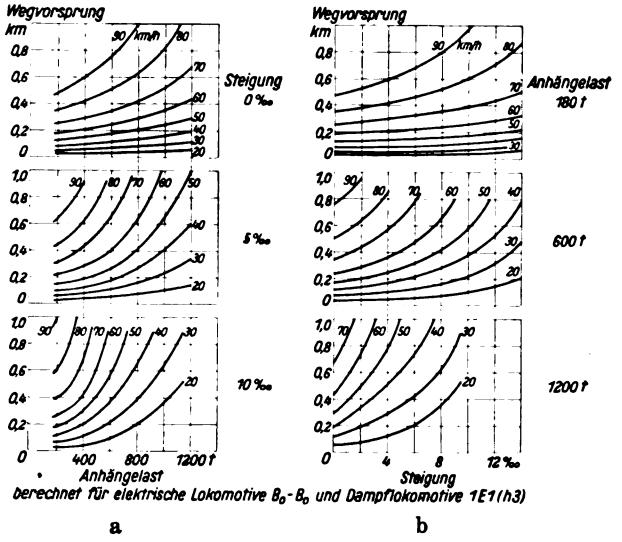


Abb. 4a u. b. Elektrischer Zugbetrieb. Wegvorsprung beim Anfahren für verschiedene Steigungen und Anhängelasten.

bei wachsenden Anhängelasten, Steigungen und Geschwindigkeiten die Vorsprungwege der elektrischen Lokomotive stark vergrößern.

Dieses Ergebnis kommt zum Teil unerwartet, denn man sollte — wie eingangs erwähnt — annehmen, daß sich bei großen Zuglasten der Einfluß des Mehrgewichts der Dampflokomotive weniger auswirken würde, da hierfür der Anteil des Lokomotivgewichts kleiner ist als bei geringer Anhängelast.

Diese gefühlsmäßige Beurteilung wird erst dann bestätigt, wenn der Wegvorsprung nicht in seinem Absolutbetrag, sondern im Verhältnis zum Anfahrweg der Dampflokomotive betrachtet wird. Zahlentafel 4 gibt für $s = 0$ ‰ den Wegvorsprung ΔS in Prozenten des Anfahrweges an, wobei für jede Last gleiche Endgeschwindigkeiten des elektrischen und des Dampfzuges vorausgesetzt sind.

Zahlentafel 4.

	$\Delta S/S$ (%) bei Anhängelast		
	180 t	600 t	1200 t
Steigung 0 ‰	$\frac{0{,}470}{1{,}635} = 29$	$\frac{0{,}753}{5{,}074} = 15$	$\frac{1{,}132}{10{,}500} = 11$

Im übrigen zeigt die Abb. 4 a deutlich, daß bei den meisten Anfahrten in allen Steigungen und bei fast allen Lasten ein Durchschnittswert des Wegvorsprungs von 1 km erreicht wird, wenn die Züge auf die jeweils mögliche Höchstgeschwindigkeit kommen.

Das bedeutet bei dem in Deutschland vorhandenen mittleren Bahnhofabstand von 5 km bei Personenzügen eine Verkürzung des Weges von 20 %.

In Abb. 4 b sind die Wegvorsprünge bei verschiedenen Endgeschwindigkeiten und den Zuggewichten 180, 600 und 1200 t in Abhängigkeit von der Steigung aufgetragen. Der Verlauf der Kurven entspricht dem von Abb. 4 a und erhärtet die Tatsache, daß auch bei Fahrt in der Ebene und bei größeren Zuggewichten von der elektrischen Lokomotive beträchtliche Wegvorsprünge und damit Fahrzeitgewinne erzielt werden, obschon die zum Vergleich herangezogene Dampflokomotive im oberen Geschwindigkeitsbereich eine um 5 % stärkere Dauerleistung besitzt (vgl. Abb. 1).

Schaulinien für Beharrungsfahrt in Steigungen.

Die Wegvorsprünge bei Anfahrt, die der Überlastungsfähigkeit der elektrischen Lokomotive und ihrem geringen Gewicht zu verdanken sind, werden bei Beharrungsfahrt mit schweren Zügen und in größeren Steigungen noch erhöht.

Aus den s-v-Schaulinien (Abb. 2 und Abb. 5, rechts) ist ersichtlich, daß für eine bestimmte Steigung von z. B. 10 ‰ der mit Dampf beförderte Zug mit $v_D = 56$, der elektrische mit $v_E = 74$ km/h fahren kann. Welchen Vorsprung erreicht die elektrische Lokomotive durch solche Geschwindigkeitsunterschiede?

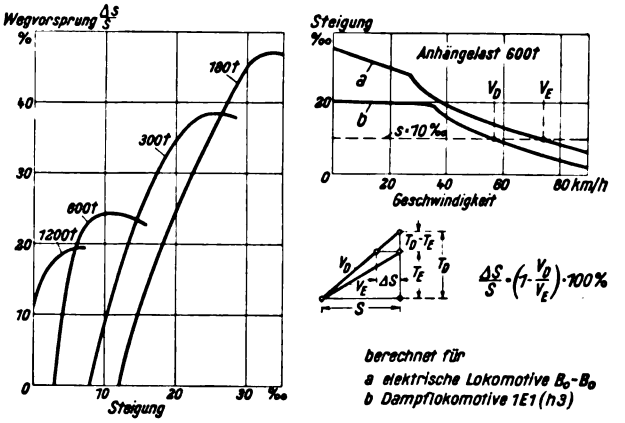


Abb. 5. Elektrischer Zugbetrieb. Wegvorsprung bei Fahrt im Beharrungszustand auf Steigungen bei verschiedenen Anhängelasten.

In Abb. 5, rechts unten, sind die zugmechanischen Zusammenhänge dargestellt, die für den Fall gelten, daß der Dampfzug mit der gleichbleibenden Geschwindigkeit v_D, der elektrische Zug mit v_E (km/h) eine Strecke S (km) zu durchfahren hat. Die Skizze ist also ein graphischer Fahrplan, aus dem zu entnehmen ist, daß die elektrische Lokomotive die Zeit T_E, die Dampflokomotive T_D als Fahrzeit benötigt. Wenn die elektrische Lokomotive das Ende der Strecke S erreicht hat, ist die Dampflokomotive noch um das Stück ΔS vom Ende der Strecke entfernt, die elektrische Lokomotive verkürzt also gewissermaßen die Strecke um dieses Stück. Es besteht die Gleichung:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{T_D - T_E}{T_D} = 1 - \frac{T_E}{T_D} = 1 - \frac{v_D}{v_E},$$

worin $(\Delta S/S) \cdot 100$ den prozentualen Wegvorsprung bedeutet. Die vorhin für 600 t Anhängelast und 10 ‰ Steigung aus Abb. 2 entnommenen Geschwindigkeiten $v_D = 56$ und $v_E = 74$ km/h ergeben also einen Wegvorsprung von

$$\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = \left(1 - \frac{56}{74}\right) \cdot 100 = 24{,}2\,\%.$$

In gleicher Weise wurden die Werte für 180, 400, 600 und 1200 t berechnet, von denen die letzteren in Zahlentafel 5 wiedergegeben sind.

Zahlentafel 5.

Steigung ‰	Anhängelast 1200 t			
	v_D (km/h)	v_E (km/h)	v_D/v_E	$\frac{\Delta S}{S} \cdot 100$ (%)
0	80	90	0,89	11
3	61	79	0,835	17,5
6	45	55	0,82	18,0

Abb. 5, links, bringt das Ergebnis der Rechnung: Man sieht, daß für schwere Züge (1200 t) bereits bei $s = 0$ und bei geringen Steigungen Wegvorsprünge der elektrischen

Digitized by Google

Lokomotive bis nahezu 20 % erreicht werden, die bei abnehmendem Zuggewicht und mit größerer Steigung bis in die Nähe von 50 % kommen.

Die Überlastungsfähigkeit und das geringe Gewicht der elektrischen Lokomotive bewirken also eine klare Überlegenheit über die Dampflokomotive, obschon letztere nicht nur die gleiche, sondern im Bereich von 34 bis 90 km/h eine noch um etwa 5 % höhere Dauerleistung besitzt (vgl. Abb. 1).

Die elektrische Lokomotive erreicht bei Anfahrten für einen durchschnittlichen Bahnhofsabstand von 5 km eine mittlere Wegverkürzung von 1 km oder 20 % (Abb. 4 a und b).

Bei Fahrten in Steigungen von 0 bis 20 ‰ und mittlerer Anhängelast beträgt der Wegvorsprung der elektrischen Lokomotive durchschnittlich 25 % (Abb. 5, links).

Ferner ergab sich, daß mit wachsender Fahrgeschwindigkeit der Wegvorsprung der elektrischen Lokomotive außerordentlich stark zunimmt (Abb. 3, 4 a und b), so daß besonders für hohe Geschwindigkeiten und Zuggewichte der elektrische Zugbetrieb bereits bei gleicher Lokomotivleistung stark überlegen ist.

Geltungsbereich der Betrachtung, Höchstgeschwindigkeiten.

Die verglichenen Güterzuglokomotiven besitzen den für ihre Energieart kennzeichnenden Kennlinienverlauf von Leistung und Zugkraft. Man kann also folgern, daß sich die hier für Geschwindigkeiten bis zu 90 km/h ermittelten Wegvorsprünge bei höheren Geschwindigkeiten (150 km/h und mehr) noch wesentlich vergrößern.

Nun sollen die Schnellzuglokomotiven E 18 und 06 aus Zahlentafel 1 wenigstens in großen Umrissen verglichen werden.

Wenn z. B. ein Zug von 400 t zu beschleunigen ist, würde die elektrische Lokomotive von Gewicht 109 t — selbst wenn sie statt der 2930 kW nur die 1940 kW der Dampflokomotive vom Gewicht 224 t hätte — eine im Verhältnis

$$\frac{224 + 400\ \text{t}}{109 + 400\ \text{t}} = 1{,}23$$

stärkere Beschleunigung erreichen, ohne daß hierin schon die Überlastungsfähigkeit berücksichtigt wäre.

Wertet man diese bei der elektrischen Lokomotive mit nur 20 %, bei der Dampflokomotive ohne Speicher mit 0 %, so ergibt sich das auf gleiche Dauerleistung bezogene Beschleunigungsverhältnis zu

$$\frac{224 + 400\ \text{t}}{109 + 400\ \text{t}} \cdot \frac{1{,}2}{1{,}0} = 1{,}5.$$

Da die wirkliche Leistung der elektrischen Lokomotive noch wesentlich größer ist, wäre als Verhältnis der tatsächlichen Beschleunigungskennziffern der Wert

$$\frac{224 + 400\ \text{t}}{109 + 400\ \text{t}} \cdot \frac{1{,}2}{1{,}0} \cdot \frac{2930\ \text{kW}}{1940\ \text{kW}} = 2{,}2$$

anzusehen.

Diese Ziffern gestatten nur einen Schluß auf das Beschleunigungsvermögen der elektrischen Lokomotive gegenüber der Dampflokomotive, geben aber die Vorsprungwege selbst nicht wieder. Diese müßten also durch eine weitere Untersuchung nach Art der vorliegenden besonders bestimmt werden, wobei auch auf die Wegvorsprünge bei jeder Geschwindigkeitseinschränkung besonderer Wert gelegt werden muß, da diese gerade bei hohen Geschwindigkeiten fahrplantechnisch und wirtschaftlich bedeutsam werden[9]).

[9]) Siehe Fußnote 1, S. 5, Zusammenstellung 1.

Vorerst liegen noch keine vergleichsfähigen Dampflokomotiven von genügend großer Nenndauerleistung vor, weil es bei großen Leistungen erforderlich sein wird, die Feuerung der Dampflokomotive selbsttätig zu machen oder mit Zwei-Mann-Bedienung zu beschicken, was aus wirtschaftlichen Gründen nur bei Meßfahrten als Regel zugelassen wird.

Es erscheint also genügend bewiesen zu sein, daß auch bei gleicher Dauerleistung von Dampf- und elektrischer Lokomotive die letztere ihrer fahrdrahtunabhängigen Berufsgenossin erheblich überlegen ist, nicht zuletzt deshalb, weil die elektrische Lokomotive ihre Energieerzeugungsanlage und die zugehörigen Betriebsvorräte nicht mitzuschleppen braucht.

Zusammenfassung.

Die Überlegenheit des elektrischen Zugbetriebes, die sich stets nach Elektrisierung früherer Dampfstrecken gezeigt hat, ist sowohl auf die größere Leistung als auch auf die Überlastungsfähigkeit der elektrischen Lokomotive und auf ihr geringes Gewicht zurückzuführen. Der Vergleich zwischen einer Güterzug-Dampf- und elektrischen Lokomotive von gleicher Dauerleistung (die der Dampflokomotive ist sogar noch 5 % größer) zeigte, daß auch unter dieser objektiven Voraussetzung die elektrische Lokomotive stets bessere Beschleunigungsverhältnisse ergibt, die stark mit Steigung, Anhängelast und Höchstgeschwindigkeit zunehmen. Der Wegvorsprung mit gleicher Dauerleistung elektrisch beförderter Züge liegt in den meisten Betriebsfällen sowohl bei Anfahrt als bei Beharrungsfahrt in Steigungen in der Größenordnung von 20 bis 25 % des Weges. Für höchste Geschwindigkeiten werden bei schweren Zügen und Steigungen noch beträchtlichere Wegvorsprünge und daher noch größere Fahrzeitgewinne zu erwarten sein.

Wärmewiderstandsmessung an Isolierstoffen.

621. 315. 61 : 536. 2. 082

Die Elektrotechnik ist heute gezwungen, die Wärmewiderstände ihrer Isolierstoffe zu vermindern. Für diese Aufgabe braucht sie geeignete Verfahren und Anordnungen zum Messen der Wärmewiderstände. Ein neues Verfahren[1]) ermöglicht, die für die Messung erforderliche Zeit von 3 bis 8 Std. auf ½ bis 1½ Std. unter Fortfall aller bisher erforderlichen Korrekturberechnungen zu beschränken. Das Grundsätzliche ist, daß in bekannter Weise von einem Heizkörper aus ein Wärmestrom durch die zu messende Platte des Isolierstoffes nach einer gekühlten Grundplatte fließt; durch Thermoelemente wird das an der Platte auftretende Temperaturgefälle ($\Delta\vartheta$) bestimmt. Damit der Wärmestrom der dem Heizkörper zugeführten Leistung (1 bis 10 W) gleichgesetzt werden kann, wird einerseits eine evakuierte Glasglocke über Heizkörper und Meßplatte gesetzt — bei einem Vakuum von 10^{-2} Torr treten keine Konvektionsverluste mehr auf — anderseits werden die Spannvorrichtungen zum Festpressen des Heizkörpers auf die Meß- und Grundplatte, welche undefinierte Wärmeableitungen bedingen, dadurch vermieden, daß der eiserne Heizkörper auf die Meß- und Grundplatte durch einen starken Elektromagneten unter der Grundplatte auf diese gepreßt wird. Der Wärmewiderstand W ergibt sich dann nach einer kurzen berechenbaren Anlaufzeit aus $\Delta\vartheta = W$ (Wärmestrom in Watt). Die Meßgenauigkeit ist etwa 5 %. Die Anordnung eignet sich ganz besonders für den in der Isolierstofftechnik in Betracht kommenden Bereich der spezifischen Wärmewiderstände von 50 bis 1000 Wärmeohm. *eb.*

[1]) H. Batsch u. A. Meißner, Z. techn. Physik 17 (1936) S. 283.

Digitized by Google

Eine neue Gleichstrom-Leistungsmeßbrücke mit selbsttätigem Brückenabgleich.

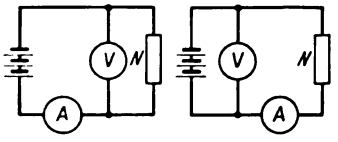
Von Karl Sauermann, Berlin.

621. 317. 384. 024

Übersicht. Eine neuartige Brückenschaltung zur unmittelbaren korrekturfreien Leistungsmessung wird beschrieben, bei der handelsübliche Instrumente mit beliebig hohen Eigenverbrauchen benutzt werden können. Durch ein neues selbsttätiges Brückenabgleichverfahren wird betriebsmäßiges und schnelles Messen ohne Einbuße an Genauigkeit ermöglicht.

1. Allgemeine Gesichtspunkte über Leistungsmessungen bei Gleichstrom.

Die Leistungsaufnahme von elektrischen Geräten, die mit Gleichstrom betrieben werden (z. B. Motoren, Heizgeräte, Glühlampen usw.), läßt sich entweder durch eine gleichzeitige Strom- und Spannungsmessung mit nachfolgender Errechnung des Produktes bestimmen oder unmittelbar mit Hilfe eines Leistungsmessers. In beiden Fällen lassen sich zwei verschiedene Schaltungen ausführen, die sich durch die Lage des spannungsmessenden Systems im Meßkreis unterscheiden (Abb. 1). Weder die



N. Verbrauchsgerät
V Spannungsmesser
A Strommesser

Abb. 1. Schaltung zur Leistungsmessung.

eine noch die andere Schaltung gestattet eine unmittelbare fehlerfreie Messung, da sowohl bei Leistungsaufnahme als auch bei Leistungsabgabe bekanntlich stets der Eigenverbrauch eines Meßpfades mitgemessen und dadurch das Ergebnis gefälscht wird. Die Größe des Meßfehlers hängt sowohl von der zu messenden Leistung als auch vom Eigenverbrauch der benutzten Instrumente ab, und zwar wird der Meßfehler um so kleiner, je größer die zu messende Leistung im Verhältnis zum Eigenverbrauch der Meßgeräte ist.

Die für gleichzeitige Strom- und Spannungsmessung meist verwendeten Drehspulinstrumente haben im allgemeinen sehr geringe Eigenverbrauche, so daß man häufig von einer Korrektur der gemessenen Werte absehen kann. Für den Fortfall der Korrektur muß man als Nachteil in Kauf nehmen, daß die zu messende Leistung nur durch Errechnung des Produktwertes ermittelt werden kann. Bei Verwendung der elektrodynamischen Leistungsmesser hat man als Vorteil die unmittelbare Ablesung der gemessenen Leistung, dafür wird sich aber wegen der beträchtlichen Eigenverbrauche eine Korrektur der Meßwerte kaum vermeiden lassen. Bei handelsüblichen spitzengelagerten Instrumenten dieser Art beträgt der Eigenverbrauch der Stromspulen bei Nennstrom etwa 2 W, derjenige der Spannungsspulen bei Nennspannung etwa 4 W. Durch diese hohen Eigenverbrauche können, besonders bei kleinen Leistungen, die Meßergebnisse stark verfälscht werden.

Mit elektrodynamischen Instrumenten sind bei Einhaltung gewisser Bedingungen sehr genaue Messungen möglich. Insbesondere muß der Einfluß des magnetischen Erdfeldes oder anderer Störfelder durch astatischen Aufbau der Meßwerke oder durch magnetische Abschirmung unterbunden sein, andernfalls liefern nur Messungen mit gewendetem Gleichstrom zuverlässige Werte. Man hat schon lange versucht, die wegen des hohen Eigenverbrauches von elektrodynamischen Leistungsmessern meist notwendigen Korrekturen durch Kunstschaltungen in den Instrumenten zu umgehen, doch werden solche Anordnungen bei Instrumenten mit mehreren Meßbereichen sehr umständlich und haben deshalb in die Praxis keinen Eingang gefunden.

Zusammenfassend kann also über die Leistungsmessung bei Gleichstrom — besonders wenn es sich um kleine Leistungen handelt — gesagt werden, daß mit Hilfe der bisher bekannten Verfahren unmittelbare fehlerfreie Leistungsmessungen nicht möglich sind, wenn neben unmittelbarer Ablesung hohe Meßgenauigkeit verlangt wird.

In der Praxis besteht aber für derartige Messungen häufig ein Bedürfnis, und so wurde versucht, ein Verfahren auszuarbeiten, das ohne Korrekturen und genau zu messen gestattet. Als Ergebnis dieser Versuchsarbeiten kann das vom Verfasser angegebene und im folgenden beschriebene Verfahren[1]) der Leistungsmessung in Brückenschaltung angesehen werden.

2. Brückenschaltung zur Leistungsmessung.

Abb. 2 zeigt die Anordnung der Meßinstrumente in der Brückenschaltung, und zwar Abb. 2 a bei Messung der Leistungsaufnahme von elektrischen Geräten und Abb. 2 b

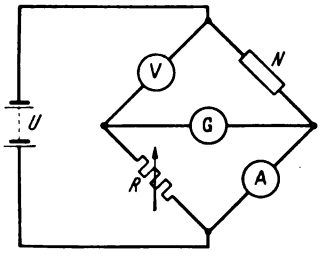


Abb. 2a. Brückenschaltung zur Messung der Leistungsaufnahme von elektrischen Geräten.

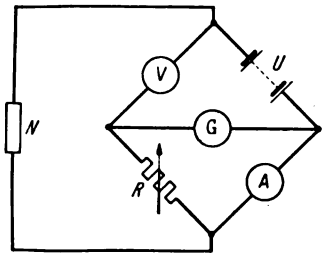


Abb. 2b. Brückenschaltung zur Messung der Leistungsabgabe von Stromquellen.

bei Messung der Leistungsabgabe von Stromquellen. U ist die Spannung der Stromquelle, N das Verbrauchsgerät, dessen Leistungsaufnahme bestimmt werden soll, V der Spannungsmesser (bzw. Spannungspfad eines Leistungsmessers), A der Strommesser (bzw. Strompfad des Leistungsmessers), G ein Nullgalvanometer, R ein ohmscher Regelwiderstand, der zur Abgleichung der Brücke dient. Wird in Abb. 2 a die Spannung angelegt, so geht bei abgeglichener Brücke der gleiche Strom durch Verbraucher N und Strommesser A, und da keine Spannungsdifferenz im mittleren Brückenzweig vorhanden ist, liegt am Spannungsmesser V auch die gleiche Spannung wie am Verbraucher N. Entsprechend liegen die Verhältnisse bei der Messung der Leistungsabgabe von Stromquellen in der Schaltung nach Abb. 2 b, bei der gegenüber Abb. 2 a nur die Rollen von Stromquelle und Verbraucher vertauscht sind. Strom und Spannung werden in dieser Anordnung fehlerfrei gemessen, solange das Galvanometer stromlos ist. Ein statt des Strom- und Spannungsmessers eingeschalteter Leistungsmesser zeigt dann unmittelbar die vom Verbraucher aufgenommene Leistung bzw. die von der Stromquelle abgegebene Leistung an, ohne daß eine Korrektur für den Eigenverbrauch erforderlich ist. Auch die gleichzeitige Benutzung eines Leistungsmessers mit Strom- und Spannungsmesser ist ohne weiteres möglich, so daß zusammengehörige Werte von Leistung, Strom und Spannung gleichzeitig gemessen werden können. Dabei ergibt sich als weiterer Vorteil, daß handelsübliche Instrumente mit beliebigem Eigenverbrauch benutzt werden können, da dieser in die Messung in keiner Weise eingeht. Auch Instrumente mit mehreren Meßbereichen sind verwendbar, und es ist gleichgültig, ob sich die Leistung aus hoher Spannung und kleinem Strom oder umgekehrt zusammensetzt.

Bedingung für die fehlerfreie Messung ist allerdings Stromlosigkeit des Galvanometers. Zur Einstellung des

[1]) Sowohl dieses Verfahren als auch das im folgenden beschriebene neuartige Verfahren der selbsttätigen Brückenabgleichung wurde vom Verfasser bereits im Jahre 1931 angegeben und durchgebildet.

Digitized by Google

Brückengleichgewichtes dient der ohmsche Regelwiderstand R (etwa 0,1 bis 100 Ω). Handelt es sich um die Messung an Verbrauchsgeräten mit spannungs- oder temperaturabhängigen Widerständen, so wird das einmal eingestellte Brückengleichgewicht gestört, wenn die Meßspannung geändert wird, da infolge der Widerstandsänderung des Verbrauchers eine andere Spannungsverteilung in den Brückenzweigen entsteht. Aus diesem Umstande ergibt sich weiter die Notwendigkeit der dauernden bzw. öfteren Nachregelung, wenn die Meßspannung in starken Grenzen schwankt oder wenn die Leistungsmessung bei den verschiedensten Spannungswerten erfolgen soll (z. B. bei der Aufnahme von Leistungskurven). In solchen Fällen ist die Einregelung des Brückengleichgewichtes von Hand unter Umständen etwas unbequem und zeitraubend, insbesondere dann, wenn neben der Abgleichung des Brückenwiderstandes auch noch die Einstellung der Meßspannung durch ein Regelglied erfolgen muß. Für betriebsmäßige Messungen und da, wo hohe Meßgeschwindigkeit verlangt wird, bringt die Brückenschaltung zur Leistungsmessung allerdings schon einen gewissen Vorteil gegenüber den Messungen mit Korrekturen. Einen weiteren Fortschritt würde es bedeuten, wenn dabei der Abgleich der Brücke selbsttätig und genügend schnell erfolgte. Nun sind verschiedene Anordnungen bekannt und durchgebildet worden, bei denen Brückenschaltungen selbsttätig abgeglichen werden, doch sind jene entweder zu umständlich und teuer oder aber sie regeln zu träge.

3. Ein neuartiger selbsttätiger Brückenabgleich.

Für den vorliegenden Fall der Leistungsmessung in Brückenschaltung wurde vom Verfasser[2]) die nachstehend beschriebene selbsttätige Regelvorrichtung vorgeschlagen und durchgebildet.

a) Das Steuerinstrument.

Statt des ohmschen Regelwiderstandes R der Abb. 2 a bzw. 2 b wird eine Dreielektrodenröhre verwendet, deren Gitterpotential durch das Steuerinstrument St beeinflußt

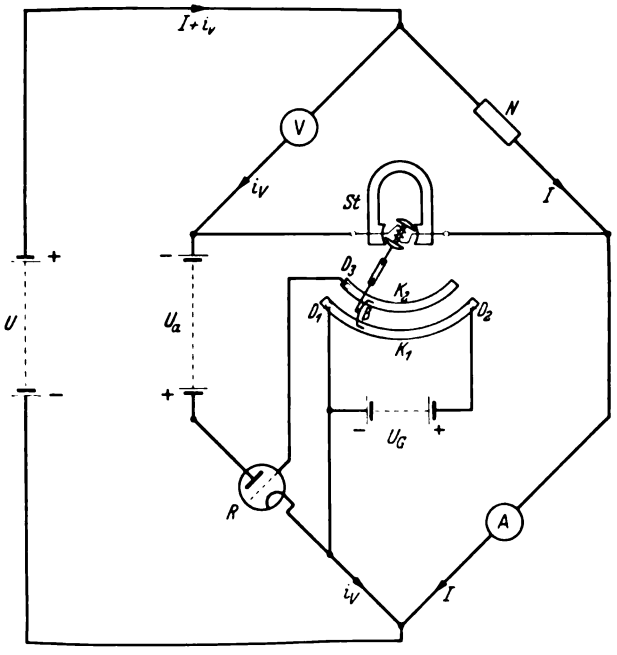
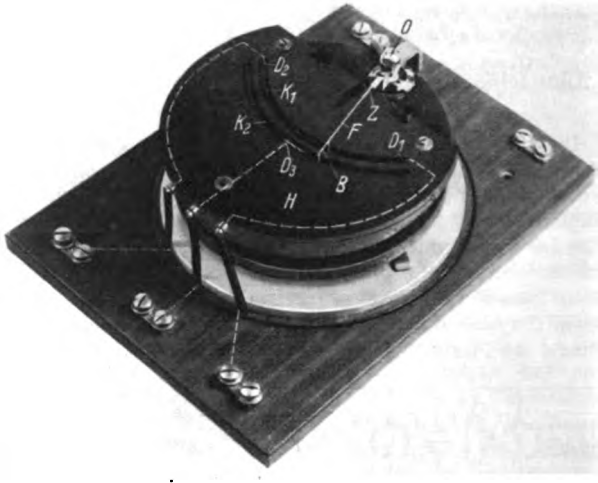


Abb. 3. Brückenschaltung zur Leistungsmessung an Verbrauchsgeräten mit selbsttätigem Brückenabgleich.

wird, das im mittleren, auf Stromlosigkeit einzustellenden Brückenzweig liegt (Abb. 3). Das Steuerinstrument (ohne Schutzkappe: Abb. 4) ist ein weitgehend richtkraftloses spitzengelagertes Drehspulinstrument mittlerer Empfindlichkeit, das aus einem vorhandenen Schalttafel-Spannungsmesser (Stromverbrauch etwa 3 mA bei 200 Ω Widerstand) zweckentsprechend umgebaut wurde. Da das Instrument möglichst ohne mechanische Richtkraft arbeiten soll, wurden die Systemfedern entfernt und durch zwei dünne, weiche Metallspiralen mit entgegengesetztem Wicklungssinn ersetzt, die als Stromzuführung für die Systemspule dienen. An Stelle der Skala ist eine 8 mm starke Hartgummiplatte H aufgesetzt, in die zwei kreisbogenförmige Kanäle K_1 und K_2 von etwa 90 Bogengrad Länge



B	Drahtbügel	H	Hartgummiplatte
D_1, D_2	Drahtelektroden	K_1, K_2	Kanäle, mit Glyzerin gefüllt
F	Glasröhrchen zur Isolation von Z	0	Drehachse
		Z	Zeiger

Abb. 4. Ansicht des richtkraftlosen Steuerinstrumentes, durch das die Steuerung des Röhrenwiderstandes erfolgt.

eingearbeitet sind, deren gemeinsamer Mittelpunkt 0 mit der Drehachse des Systems zusammenfällt. Der etwa um die Hälfte gekürzte Zeiger Z trägt an seinem Ende, durch ein feines Glasröhrchen F isoliert, einen U-förmig gebogenen Drahtbügel B von 0,2 mm Stärke, dessen beide Schenkel in je einen Kanal hinabreichen und sich darin frei bewegen können. Beide Kanäle sind bis zu drei Viertel ihrer Höhe mit reinem Glyzerin gefüllt und durch den Drahtbügel leitend miteinander verbunden. Der eine Kanal K_1 hat an beiden Enden je eine Drahtelektrode D_1 und D_2, die mit den Polen einer Gitterbatterie verbunden sind. Dadurch wirkt die in diesem Kanal befindliche elektrisch leitende Glyzerinsäule als Spannungsteiler für die Gitterspannung der Elektronenröhre (Abb. 3). Der eingetauchte Drahtbügel B greift hierbei ein seiner jeweiligen Stellung entsprechendes Potential ab, das über die Glyzerinsäule im zweiten Kanal K_2 und eine weitere Elektrode D_3 dem Gitter der Röhre zugeführt wird. Je nach der Größe des Ausschlages des Zeigers und des mit ihm verbundenen Drahtbügels wird ein mehr oder weniger hohes Potential am Spannungsteiler K_1 (Glyzerinsäule) abgegriffen. Da die Höhe des Gitterpotentiales bei einer Elektronenröhre mitbestimmend ist für den Stromdurchgang durch die Röhre, wird durch den Ausschlag des Steuerinstrumentenzeigers eine Beeinflussung (Steuerung) des Röhrenwiderstandes erreicht.

b) Der Regelvorgang.

Um die Arbeitsweise dieses Steuerinstrumentes in Verbindung mit der Röhre leicht übersehen zu können, geht man am besten von dem Gleichgewichtszustand der Brücke aus. Die Röhre R (Abb. 3), mit der Anodenbatterie U_a in Reihe geschaltet, ersetzt den ohmschen Regelwiderstand R der Abb. 2 a. Bei stromloser Brücke greift der Zeiger des Steuerinstrumentes ein so bemessenes Gitterpotential ab, daß über die Röhre nur der Spannungsmesserstrom i_v fließt (bzw. der Strom des Spannungspfades eines Leistungsmessers). Ferner geht bei Brückengleichheit durch den Strommesser nur der Verbraucherstrom I

[2]) Gemeinsam mit Robert Kühn, Berlin.

Digitized by Google

und am Spannungsmesser liegt genau die gleiche Spannung wie am Verbraucher, d. h. die Bedingung für eine fehlerfreie Leistungsmessung ist erfüllt. Wird jetzt die Meßspannung größer, so erhöht sich natürlich der Spannungsmesserstrom, jedoch bei temperatur- und spannungsabhängigen Widerständen nicht im selben Verhältnis wie der Verbraucherstrom I. Dadurch wird das Brückengleichgewicht gestört, so daß ein Strom im mittleren Brückenzweig fließt, der den Zeiger des Steuerinstrumentes in Bewegung setzt. Der Drahtbügel am Zeiger wandert in der Glyzerinsäule vorwärts und greift ein anderes (in diesem Falle höheres) Gitterpotential ab, wodurch der Anodenstrom vergrößert wird. Die Drehung des Zeigers in der einmal eingeschlagenen Richtung dauert so lange an, bis der Brückenstrom verschwindet, d. h. bis das Gitterpotential der Röhre so groß geworden ist, daß die Röhre auch den erhöhten Spannungsmesserstrom voll und ganz ableiten kann. In dieser Stellung bleibt der Zeiger des Steuerinstrumentes stehen, da bei ihm keine mechanische Richtkraft vorhanden ist, die ihn in die vorherige Ausgangsstellung zurückzubewegen sucht. In umgekehrter Weise wird die Brücke abgeglichen, wenn die Meßspannung verkleinert wird. Da die Größe des Brückenstromes vom Grade der Verstimmung abhängt und der Brückenstrom mit zunehmender Erreichung des Gleichgewichtszustandes stetig bis auf Null abnimmt, erfolgt eine fast aperiodische Einstellung des Zeigers. Da sich bei starken Störungen des Gleichgewichtszustandes infolge des sprunghaft einsetzenden Brückenstromes der Zeiger ruckartig in Bewegung setzt, dauert es nur Bruchteile von Sekunden, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Diese hohe Einstellgeschwindigkeit des Steuerinstrumentes ergibt eine praktisch trägheitslose Regelung und somit den Vorteil, daß der für die Leistungsmessung notwendige Zustand einer stromlosen Brücke nahezu dauernd aufrechterhalten bleibt, selbst dann, wenn die Meßspannung in starken Grenzen geändert oder gar plötzlich aus- und eingeschaltet wird. Zum Schutz des Steuerinstrumentes gegen allzu starke Beanspruchungen durch Überlastungen, wie sie etwa bei Störungen in den äußeren Brückenzweigen auftreten können, war in Reihe mit dem zu schützenden Instrument ein handelsübliches Telephonrelais geschaltet, durch das im Störungsfalle das empfindliche Steuerinstrument selbsttätig abgeschaltet und eine Glimmlampe als Signal für die eingetretene Störung eingeschaltet wurde.

c) Die Auswahl geeigneter Bauteile.

Da bei dieser neuen Leistungsmeßbrücke die Röhre nicht als Meßglied, sondern als bloßes trägheitsloses Regelglied benutzt wird, so haben ihre kennzeichnenden Größen keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit. Auf die Konstanz sowie die Überwachung der Meßspannung und der Betriebsspannungen der Röhre braucht kein besonderer Wert gelegt zu werden. Die Anordnung gleicht die Wirkung beträchtlicher Spannungsänderungen selbsttätig aus. Im Gleichgewichtszustand der Brücke fließt nur der Strom des Spannungsmessers (Spannungspfad des Leistungsmessers) über die Röhre. Somit beträgt auch der Anodenstrom der zu wählenden Röhre und der Belastungsstrom für die Anodenbatterie höchstens 50 mA, denn die Zeit, in der das Brückengleichgewicht gestört ist, währt nur Bruchteile von Sekunden. Als Elektronenröhre benutzte der Verfasser die RE 604, die bei 150 V Anodenspannung und — 10 V Gitterspannung 60 bis 70 mA Anodenstrom hat. Durch das Arbeiten auf dem negativen Teil der Kennlinie tritt kein Gitterstrom auf; dadurch genügt für die Gitterspannung eine kleine Trockenbatterie. Aus diesem Grunde ist auch Glyzerin mit seinem hohen spezifischen Widerstand verwendbar. Einmal bleibt der Verluststrom im Spannungsteiler gering (10^{-6} A bei 30 V angelegter Spannung), wodurch keine Zersetzung eintritt, und zum anderen verdunstet es nicht.

d) Meßgenauigkeit.

Die Genauigkeit, mit der sich Leistungsmessungen in der hier beschriebenen Anordnung ausführen lassen, hängt hauptsächlich von der Meßgenauigkeit der verwendeten Leistungsmesser bzw. Strom- oder Spannungsmesser ab. Zusätzliche Meßfehler, die durch das Meßprinzip bedingt sind, können nur dann auftreten, wenn z. B. das Steuerinstrument infolge zu großer elektrischer Unempfindlichkeit oder mechanischer Fehler (Lagerreibung und starke Richtkraft) nicht auf Stromlosigkeit im mittleren Brückenzweig regelt. Der dann fließende Brückenstrom bedingt einen Meßfehler, dessen Größe, bezogen auf die gemessene Leistung, sich angenähert durch folgende Formel ergibt:

$$\text{Meßfehler } (\%) = 100 \cdot i \left(\frac{U}{N} \pm \frac{r}{U} \right)$$

U Spannung am Verbrauchsgerät (Volt),
N Leistungsaufnahme des Verbrauchsgerätes (Watt),
r Widerstand des mittleren Brückenzweiges (Ohm) (im allgemeinen Systemwiderstand des Steuerinstrumentes),
i Fehlerstrom im mittleren Brückenzweig (Amp.).

Aus einem Schalttafel-Spannungsmesser normaler Empfindlichkeit läßt sich durch passenden Umbau leicht ein Steuerinstrument herrichten, das trotz der praktisch nie zu erreichenden völligen Richtkraftlosigkeit des Meßwerkes eine Regelempfindlichkeit von 0,03 mA erreicht, d. h. daß das Steuerinstrument auf Ströme über 0,03 mA sicher anspricht, so daß größere Brückenströme im Gleichgewichtszustand nicht möglich sind. Unter Zugrundelegung einer solchen Regelempfindlichkeit von 0,03 mA können die zusätzlichen Meßfehler im Höchstfalle etwa 0,05 % betragen, wenn die Spannung U zwischen 20 und 220 V, die Leistung N zwischen 10 und 60 W und der Systemwiderstand r zwischen 25 und 250 Ω liegt.

Diese zusätzlichen Meßfehler, die im ungünstigsten Falle entstehen können, sind klein gegenüber der Meßgenauigkeit von Betriebsinstrumenten (1,5 %) und selbst von Präzisionsinstrumenten (0,2 bis 0,3 % vom Skalenendwert), so daß sie neben diesen meist unvermeidlichen Meßungenauigkeiten überhaupt vernachlässigt werden können. Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß das Verfahren der Leistungsmessung in Brückenschaltung unter den bisher bekannten Verfahren[3]) der unmittelbaren Leistungsmessung eines der genauesten ist, da es die durch die Eigenverbrauche der Instrumente sonst entstehenden Meßfehler gänzlich vermeidet, ohne aber die mit Präzisionsinstrumenten erreichbare Meßgenauigkeit praktisch irgendwie herabzusetzen. Denn diese Art der Leistungsmessung beruht auf einem Nullverfahren, trotzdem die gemessenen Werte für Spannung, Strom und Leistung unmittelbar an den Instrumenten abgelesen werden können.

4. Nutzanwendung und Betriebserfahrungen.

Die beschriebene Anordnung der selbsttätigen Leistungsmeßbrücke hat schon vor einigen Jahren in der Industrie praktische Verwendung gefunden. Die dabei gemachten Betriebserfahrungen haben die im Meßverfahren begründeten Vorteile — Möglichkeit des betriebsmäßigen, schnellen und korrekturlosen Messens — deutlich gezeigt. Auch durch die sichere Arbeitsweise des neuartigen Steuerinstrumentes sowie durch den Fortfall umständlicher Wartung für das Meßzubehör (die Betriebsspannungen der Röhre wurden einem Netzanschlußgerät entnommen) hat sich das Verfahren der selbsttätigen Wattmeßbrücke voll bewährt.

Zusammenfassung.

Bei der angegebenen Brückenschaltung zur unmittelbaren Leistungsmessung werden Meßfehler vermieden. Das neuartige Verfahren für den selbsttätigen und praktisch trägheitsfreien Abgleich einer Leistungsmeßbrücke arbeitet mittels Elektronenröhre und eines hierzu entwickelten Steuerinstrumentes.

[3]) Eine andere interessante Möglichkeit der Vermeidung von Korrekturen bei gleichzeitiger Strom- und Spannungsmessung hat Bader angegeben, vgl. ETZ 56 (1935) S. 889.

Digitized by Google

Der gegenwärtige Stand der Photometrie.

535. 24

In den letzten Jahren sind auf dem Gebiete der Photometrie sowohl hinsichtlich der Verbesserung der Meßverfahren als auch in bezug auf die Normallichtquellen bemerkenswerte Fortschritte gemacht worden, die teilweise durch die Notwendigkeit bedingt waren, Lichtstrommessungen an Metalldampflampen vornehmen zu müssen. Um die Wichtigkeit dieser Fortschritte besser verstehen zu können, soll ein kurzer Abriß über die Entwicklung der Photometrie seit etwa Anfang dieses Jahrhunderts gegeben werden[1]). Lummer und Brodhun erfanden 1888 den nach ihnen benannten Photometerwürfel, der bis heute noch bei den meisten hochwertigen Lichtmeßgeräten Verwendung findet. Als Normallichtquellen dienten früher solche mit offenen Flammen (z. B. Hefner-Lampe). Nach genügender Entwicklung der Kohlefadenlampe stellte man fest, daß Normallichtquellen mit offenen Flammen nicht so konstant in ihrer Lichtstärke waren wie die zu messenden Glühlampen. Das Bureau of Standards entschloß sich daher, als Normallichtquellen Kohlefadenglühlampen zu benutzen und suchte eine Anzahl gut gealterter Glühlampen aus, die in den verschiedenen Staatslaboratorien auf genauest mögliche Weise mit den Normallichtquellen verglichen und geeicht wurden. Die so geeichten Kohlefadenlampen, die die internationale Kerze darstellen, erhielten die einzelnen Länder, um sie als Urnormal aufzubewahren. Deutschland hat bisher die internationale Kerze nicht angenommen, sondern als Einheit die Hefner-Kerze beibehalten.

Beim Übergang von Kohlefadenlampen zu Glühlampen mit Wolframdraht ergaben sich Schwierigkeiten. Die Temperatur der Wolframdrahtlampen liegt nämlich etwa 400° höher als die der Kohlefadenlampen. Da die internationale Kerze genau genommen nur für eine bestimmte Farbtemperatur definiert war, entstand die Frage, wie die Lichtstärke einer Lampe, die Licht einer anderen Farbtemperatur aussendet, gemessen werden sollte. Es wurde festgelegt, daß die Lichtstärken zweier Lampen verschiedener Farbtemperaturen dann gleich sind, wenn sie einem „mittleren Auge" unter genau festgelegten photometrischen Bedingungen als gleich erscheinen. In dieser Festlegung waren die Schwierigkeiten bei der Messung der Wolframlampen keineswegs beseitigt, denn die Beurteilung der Helligkeitsgleichheit auf dem Photometerfeld ist sehr schwierig, wenn sich auf beiden Seiten des Photometers Lampen verschiedener Farbtemperatur befinden. Unter den vorgeschlagenen Geräten, um „heterochrome" photometrische Messungen vornehmen zu können, sind die wichtigsten der Lummer-Brodhun-Würfel und das Flimmer-Photometer.

Das Bureau of Standards benutzte bei der Eichung der Wolfram-Vakuumlampen ein Flimmerphotometer. (Aus der Darstellung des Verfassers könnte entnommen werden, daß der Farbsprung beim Vergleich der Wolfram-Vakuumlampen gegen die Kohlefadenlampe durch ein Blaufilter überbrückt wurde. Diese Ansicht ist jedoch nicht zutreffend. D. Ber.) Nach der Einführung der gasgefüllten Glühlampen, die wiederum eine höhere Temperatur haben als die Wolfram-Vakuumlampen, mußten nochmals neue Eichlampen hergestellt werden. Auch bei diesen Messungen wurde ein Flimmerphotometer benutzt. Eine Untersuchung der Frage, ob die unter Verwendung des Flimmerphotometers durchgeführten Messungen mit denen übereinstimmen, die man bei Anwendung des Lummer-Brodhunschen Würfels erhält, ergab, daß für Farbdifferenzen, wie sie zwischen Kohlefadenlampen und Vakuum-Wolframlampen vorhanden sind, beide Verfahren eine geringere Abweichung zeigen als 1 %. Eine Übereinstimmung auch bei größeren Farbdifferenzen unter allen photometrischen Bedingungen ist jedoch noch nicht erwiesen.

Das in letzter Zeit zur Messung verschiedenfarbiger Lichtquellen angewendete „Filterverfahren" bedeutet einen erheblichen Fortschritt, da hierbei eine heterochrome Messung völlig entfällt.

Bis zur Einführung der gasgefüllten Lampe wurde der Leuchtdraht (geradfädiger Zickzackaufbau) bei allen Glühlampen in der gleichen Form angeordnet, so daß praktisch eine konstante Beziehung zwischen der mittleren sphärischen Lichtstärke und der mittleren horizontalen Lichtstärke bestand. Jedoch die Wendelung des Drahtes veränderte die Leuchtkörperform sehr stark. Außerdem wurde sie bei den einzelnen Lampentypen verschieden gewählt, so daß eine feste Beziehung zwischen sphärischer und horizontaler Lichtstärke nicht mehr aufrechterhalten werden konnte. Man entschied sich daher, an Stelle der mittleren horizontalen Lichtstärke den Gesamtlichtstrom der Lampe anzugeben, der sich mit Hilfe der Ulbrichtschen Kugel verhältnismäßig einfach messen läßt.

Das Bureau of Standards stellte zunächst Eichlampen für die Lichtstrom-Messung her, die in der Farbtemperatur den Wolfram-Vakuumlampen entsprachen. Die Eichung erfolgte durch Messen der Lichtverteilung in verschiedenen Ebenen. Durch Integration der erhaltenen Lichtstärkewerte wurde die „mittlere sphärische Lichtstärke" bestimmt. Das Intensitätsverhältnis einer Vakuum-Eichlampe zu einer 500 Watt gasgefüllten Eichlampe stellte man hierauf mit Hilfe eines Flimmerphotometers fest, unter Heranziehung von mehreren Beobachtern, deren Augen nach dem Ivesschen Verfahren untersucht waren. Um zu prüfen, ob in der Ulbrichtschen Kugel der Lichtstrom unabhängig von der jeweiligen Farbtemperatur der benutzten Lampen gemessen wird, wurde eine 500 W Eichlampe bei zwei Spannungen auf der Bank und der Ulbrichtschen Kugel gemessen. Die kleinere Spannung war so gewählt, daß die Lampe die gleiche Farbtemperatur hatte wie die Vakuum-Eichlampen. 1929 nahm man eine Nacheichung der sphärischen Lichtstärken dieser 500 W-Lampen vor und benutzte hierzu Opallampen, bei denen sich die Errechnung der mittleren sphärischen Lichtstärke aus den in verschiedenen Richtungen gemessenen Lichtstärken genauer vornehmen läßt. Bei dieser Nacheichung wurde der Farbsprung durch ein Blauglasfilter überbrückt. Der mittlere Eichwert der sechs 500 W-Lampen stimmte mit dem früher ermittelten innerhalb 0,25 % überein.

Bereits vor mehreren Jahren schlugen Waidner und Burgers vor, die Leuchtdichte des schwarzen Körpers bei der Erstarrungstemperatur geschmolzenen Platins als Lichteinheit zu verwenden. Der Vorteil dieses Vorschlages liegt darin, daß die Lichteinheit jederzeit wiederherstellbar ist. Die bisher durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß sich der Vorschlag von Waidner und Burgers sehr gut durchführen läßt, und es ist zu erwarten, daß diese Lichteinheit bald öffentlich angenommen wird.

Die vielen Fehlermöglichkeiten bei der subjektiven Lichtstrom-Messung (z. B. Unsicherheit der Messung bei großen Farbdifferenzen, Schwankungen der Messung eines Beobachters von Tag zu Tag, Fehler durch Ermüdung, Abweichung der Meßwerte eines Beobachters von denen anderer Beobachter) haben schon vor langer Zeit den Wunsch nach einem Meßverfahren laut werden lassen, das unabhängig vom menschlichen Auge genaue photometrische Messungen vorzunehmen gestattet. An ein derartiges Verfahren müssen folgende Anforderungen gestellt werden. Die Bewertung von Strahlung beliebiger Wellenlänge muß ebenso vorgenommen werden, wie sie unter den gleichen Bedingungen von einem „mittleren Auge" erfolgen würde. Da sich die Augenempfindlichkeitskurve bei niedrigen Lichtintensitäten ändert, ist die Erfüllung dieser Forderung praktisch unmöglich. Man muß sich darauf beschränken, eine Übereinstimmung der Bewertung für Strahlungsintensitäten über einem gewissen Minimalwert zu erzielen, oberhalb dessen die spektrale Augenempfindlichkeitskurve praktisch konstant bleibt. Der erste Vorschlag eines objektiven Lichtmeßgerätes verwendete ein Thermoelement, vor dem ein Filter vorgeschaltet war, dessen spektrale Durchlässigkeit der eines mittleren Auges entsprach. Da die auf diese Weise erzeugte elektrische Energie außerordentlich gering ist, hat dieser Vorschlag keine weitere praktische Anwendung gefunden. Vor etwa 15 Jahren bemühte man sich dann, ein objektives Photometer mit Hilfe von Photozellen zu entwickeln. Um eine gute Anpassung der Zellenempfindlichkeitskurve an die Augenempfindlichkeitskurve zu erreichen, erwies sich die Vorschaltung von Filtern vor die Zellen als notwendig.

Die Einführung der Sperrschichtzellen brachte infolge des Wegfallens der Verstärker eine weitere Verbreitung der objektiven Photometrie mit sich. Eine gewisse Verbesserung dieser Zellen scheint jedoch noch notwendig zu sein. Es hat sich gezeigt, daß die Zellen bei gleicher Belichtung nicht immer einen genau gleichen Strom ergeben. Für normalen Gebrauch ist allerdings der Fehler wegen seiner Kleinheit ohne Bedeutung. *M. W.*

[1]) W. E. Forsythe, Trans. Illum. Engng. Soc. 2 (1936) S. 181.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 315. 211. 3. 027. 3 **Das erste in Deutschland verlegte 125 kV-Kabel.** — Die ersten in Deutschland für 125 kV Betriebsspannung isolierten Kabel wurden im Frühjahr d. J. in einem Aluminiumwerk verlegt. Sie sind als Ölkabel ausgeführt, weil mit Ölkabeln für Spannungen bis 100 kV bereits langjährige Erfahrungen vorlagen, die die Betriebssicherheit der Kabel gewährleisten.

Die beiden Ölkabel verbinden zwei am Fabrikgelände in einem Schalthaus endende Hochspannungsfreileitungen mit dem Gleichrichterhaus und übertragen eine Leistung von 2 × 18 000 kVA. Die unmittelbare Einführung der Freileitungen in das Gleichrichterhaus war mit Rücksicht auf dessen Lage im Fabrikgelände nicht möglich. Die Länge der verkabelten Strecke beträgt etwa 500 m, auf der die 6 Einleiter-Kabel, teilweise unter schwierigen Verhältnissen, nebeneinander verlegt werden mußten. Die Aufteilung der Drehstromkabel in je 3 Einleiterkabel ermöglichte die Verlegung in Fabrikationslängen von je 500 m, so daß keine Muffen gesetzt zu werden brauchten. Wenn auch die Ausführung von Muffen keine Schwierigkeiten bietet, so wird man doch der Einfachheit halber wie bei Massekabeln die Zahl der Muffen so niedrig wie möglich halten oder wie in diesem Fall die Muffen ganz vermeiden.

Mit Rücksicht auf die Eigenart der Anlage wurde auf Betriebssicherheit besonderer Wert gelegt. Aus diesem Grund wurden zwei getrennte Freileitungen von zwei verschiedenen Werken herangeführt, die auch die Verlegung zweier getrennter Kabelgruppen notwendig machte. Die Querschnitte beider Kabelgruppen sind so bemessen, daß bei irgendwelchen Störungen jede für sich allein den Gesamtstrom übertragen kann. Die ankommende Energie wird in einer mit Expansionsschaltern ausgerüsteten Schaltanlage verteilt, die sich durch besondere Einfachheit und Übersichtlichkeit auszeichnet. Als Leistungsschalter wurde ein Expansionsschalter mit Doppeltrennarm ver-

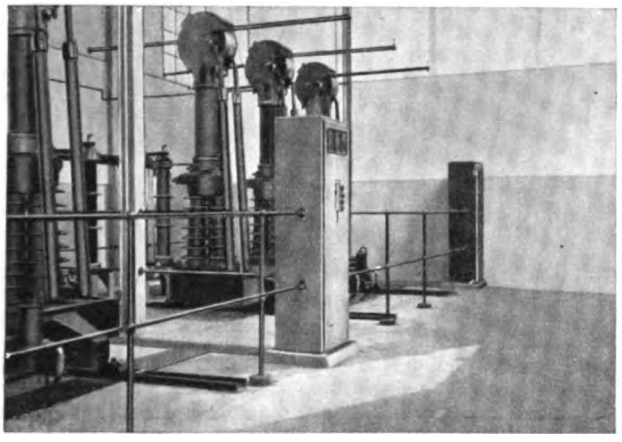
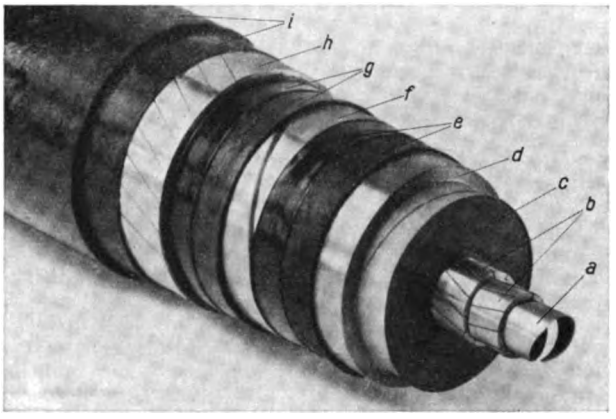


Abb. 1. Expansionsschalter mit Doppeltrennarm und Endverschlüssen.

wendet (Abb. 1). Diese Schalterbauweise gewährleistet durch die zwangläufige Steuerung der Trennarme und deren Abhängigkeit von der Leistungsschalterstellung höchste Betriebssicherheit, denn ein Ziehen von Trennschaltern unter Last ist dabei ausgeschlossen. Die gute Übersichtlichkeit wird durch den Fortfall besonderer Sammelschienentrennschalter erreicht. Daneben ergibt sich eine Ersparnis an umbautem Raum und an Aufbaumaterial. Mit Hilfe dieser Schaltanlage werden die Kabel auf die eine oder andere Freileitung umgeschaltet, so daß der Betrieb jederzeit aufrechterhalten werden kann.

Das Kabel (Abb. 2) hat einen Aluminiumhohlleiter aus 2 Lagen Flachdraht, die über einer Stützspirale verseilt sind. Der wirksame Querschnitt von 95 mm² wurde mit Rücksicht auf die Kurzschlußfestigkeit des Kabels gewählt, obwohl im vorliegenden Fall ein Querschnitt von etwa 50 mm² ausgereicht hätte. Die Isolationsstärke ist 13,5 mm. Unmittelbar auf dem Bleimantel wurde ein Korrosionsschutz aufgebracht und darüber eine Druckschutzwendel als Aldreyband, durch die die Druckfestigkeit des Kabels erhöht wird. Gegen die in einem Aluminiumwerk in starkem Maße auftretenden vagabundierenden Erdströme und gegen chemische Einwirkungen ist die Druckschutz-



a	Stützwendel	*d*	Bleimantel	*g*	Korrosionsschutz
b	Leiter aus Profildrähten	*e*	Korrosionsschutz	*h*	geschlossene Aldreyflachdrahtarmatur
c	Papierisolierung	*f*	Druckschutz (doppelgängige Aldreybandwendel)	*i*	Korrosionsschutz

Abb. 2. Ölkabel-Stufenmuster.

wendel und der Bleimantel durch eine besonders wirksame Umhüllung aus in Bitumen gebettetem Gummiband geschützt. Darüber folgt eine Flachdrahtbewehrung aus Aldreydrähten, die wiederum durch einen besonderen Korrosionsschutz vor Zerstörung bewahrt wird.

Die Kabelenden wurden durch 132 kV-Innenraum-Einleiterendverschlüsse mit kittlos befestigten Repelit-Isolatoren abgeschlossen. Für beide Kabelgruppen zusammen waren also an jedem Ende sechs Einleiter-Endverschlüsse erforderlich. Die Repelit-Isolatoren der Endverschlüsse im Schalthaus erhielten je 2 Tropfschirme, weil dort mit Schwitzwasserbildung gerechnet werden muß (Abb. 3). Aus dem gleichen Grunde wurde hier auch die Überschlaglänge der Isolatoren von 1000 auf 1200 mm erhöht.

Zur Aufnahme des Öles wurden an beiden Kabelenden Ausgleichgefäße vorgesehen, die in der Nähe der Endverschlüsse Aufstellung fanden und durch Rohrleitungen mit dem geerdeten Gehäuse der Endverschlüsse verbunden sind. Diese Gefäße sind geschlossene schmiedeeiserne Kessel, in deren Innern sich eine Anzahl luftgefüllter, zusammendrückbarer Membrangefäße (sogenannte Zellen) befindet. Der Zwischenraum zwischen diesen Zellen ist unter Vermeidung jeglicher Lufteinschlüsse mit demselben Isolieröl, das zur Tränkung des Kabels verwendet wurde, gefüllt. Im allgemeinen hätte die Aufstellung je eines großen Gefäßes am werkseitigen Ende jedes Kabels genügt. Mit Rücksicht auf die bei hohen Kurzschlußströmen auftretenden Öldruckstöße wurde jedoch auch am freileitungseitigen Ende jedes Kabels noch ein kleines Puffergefäß angebracht (Abb. 3). Die großen 20zelligen Ausgleichgefäße fanden somit in dem Gleichrichterraum und die 5zelligen, der Pufferung dienenden in der Schaltanlage Aufstellung.

Entsprechend der vorhergehend beschriebenen Ölausdehnung bei Belastung und der damit verbundenen Drucksteigerung an den Ausgleichgefäßen betragen die Öldrucke an den Kabelenden in der Gleichrichteranlage im Winter bei kleiner Last etwa 0,7 at und im Sommer bei Höchstlast etwa 1,5 at.

Ein Vorratsgefäß mit 50 Zellen im Gleichrichterhaus, das auf rund 3 at aufgeladen ist, kann im Bedarfsfall über feste Rohrleitungen mit entsprechenden Verteilungen, die durch Hähne abgeschlossen sind, 80 l Öl an die Betriebsgefäße abgeben, so daß bei einem Leckwerden des Blei-

Digitized by Google

mantels durch äußere Beschädigung oder dergleichen noch genügend Ölreserve zur Verfügung steht, um den Betrieb aufrechtzuerhalten.

Die Verlegung erfolgte in Gräben von 1 m Tiefe. Die Kabel sind in Sand gebettet, durch hochkant gestellte Mauersteine voneinander getrennt und mit Eisenbeton-

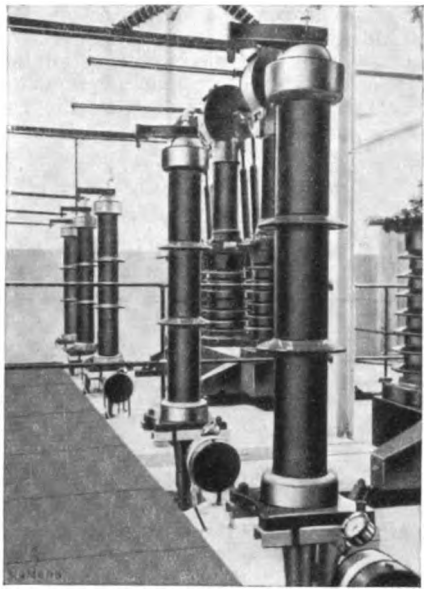


Abb. 3. 132 kV-Endverschlüsse im Schalthaus mit Puffergefäßen und Manometern.

platten 1000 × 360 × 60 mm abgedeckt. Außer den sechs 125 kV-Kabeln wurden gleichzeitig noch 3 Steuerkabel, 3 Niederspannungskabel und zwei 6 kV-Kabel verlegt, weshalb die Gräben 1,5 m breit gemacht wurden (Abb. 4). Die Verlegung ging planmäßig vonstatten, obwohl die Gleise der Reichsbahn unterquert wurden. Außerdem mußten die Kabel erst auf einer sehr engen Straße, die nicht von einem Kabelwagen befahrbar war, an der Seite ausgelegt werden, ehe der Kabelgraben ausgehoben wurde.

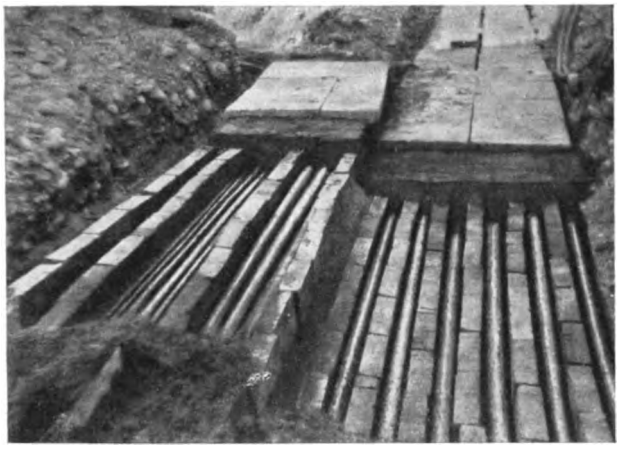


Abb. 4. Querschnitt durch den Kabelgraben (rechts Ölkabel, links Niederspannungskabel usw.).

Die Spannungsprüfung der Kabel wurde mit Gleichstromhochspannung von 290 kV (= 4fache Phasenspannung) 60 min lang durchgeführt. Sie wurde einwandfrei bestanden. Vor Beginn der Messung der dielektrischen Verluste wurden die Leiterwiderstände aller 6 Kabel, die in der Gleichrichteranlage kurzgeschlossen waren, mit der Thomsonbrücke ermittelt, um bei späteren Vergleichsmessungen die Möglichkeit der Umrechnung des Verlustfaktors auf dieselbe Temperatur zu haben. Die Drehstromspannung für die Verlustmessung wurde dem 5 kV-Netz entnommen, im Gleichrichterhaus auf die gewünschte Höhe transformiert und jeweils über eines der beiden Kabel nach der Schaltanlage der Scheringbrücke zum Messen des anderen Kabels zugeführt. Die tragbare Hochspannungs-Scheringbrücke fand in einem Nebenraum der Schaltanlage Aufstellung.

Die Kapazität der Kabel ergab sich aus der Messung zu rd. 0,196 μF/km. Die Verlustfaktoren sämtlicher Kabel stimmen mit den im Werk gemessenen sehr gut überein. Sie werden durchweg etwas niedriger festgestellt, ein Vorgang, der bei neuen Ölkabeln infolge der Anwendung von hochentgastem Öl in der ersten Zeit meist zu beobachten ist. Für 125 kV verkettete Betriebsspannung beträgt $\operatorname{tg}\delta$ für sämtliche Kabel ungefähr 0,0045 (gewährleistet war ein $\operatorname{tg}\delta$ kleiner als 0,0075).

Die verschiedenen Messungen haben gezeigt, daß die Kabel den gestellten Anforderungen durchaus entsprechen und die dielektrischen Verluste erheblich kleiner als gewährleistet sind. Die Anlage konnte deshalb ohne Bedenken nach der Prüfung am 16. 5. 36 für den Betrieb freigegeben werden. [F. Otten, Siemens-Z. 16 (1936) S. 348.] *Vb.*

Elektromaschinenbau.

621. 314. 212. 027. 3 (7) **Leistungstransformatoren mit konzentrischen Wicklungen.** — Eine Spitzenleistung des Transformatorenbaues stellen die für den Speisepunkt der 287,5 kV-Leitung Boulder-Damm—Los Angeles gebauten Einphasentransformatorensätze von je 55 000 kVA 16,3/287,5 kV bei Δ-Schaltung, 60 Hz dar. Sie wurden, wie Abb. 5 zeigt, mit runden, konzentrischen Spulen aus-

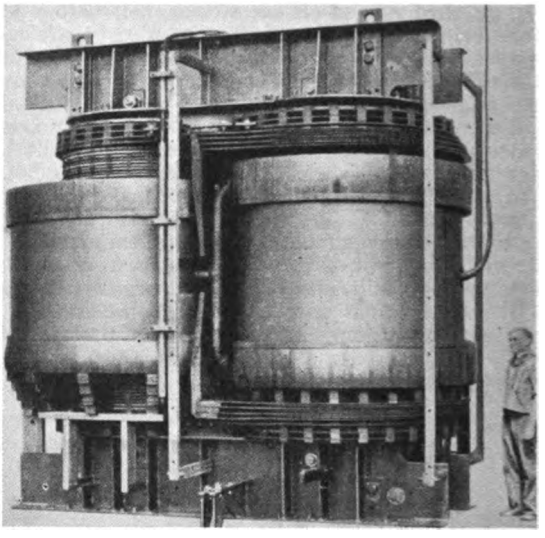


Abb. 5. 55 MVA-Einphasentransformator für $\frac{287{,}5}{\sqrt{3}}$ kV und starre Nullpunktserdung.

geführt, weil diese Bauart in selten harmonischer Weise alle Forderungen erfüllt, die in bezug auf Überspannungen, Kurzschlußkräfte, Erwärmung, Wirbelstromverluste und Blindwiderstand gestellt werden müssen. Oberspannungsseitig sind die beiden Schenkel parallel geschaltet; jede dieser Schenkelwicklungen besteht aus zwei entgegengesetzt gewickelten Hälften, die in der Schenkelmitte an die Hochspannungsdurchführung angeschlossen und an den oberen und unteren Schenkelenden geerdet sind. Über den Oberspannungswicklungen beider Schenkel sind elektrostatische Schilder angeordnet, die für eine geradlinige Anfangsverteilung einer einziehenden Stoßwelle sorgen, den Transformator also schwingungsfrei machen. Die Schwierigkeiten, die sich sonst der Isolation der Windungen vor allem am Wicklungseingang in elektrischer und thermischer Hinsicht entgegenstellen, entfallen damit. Um die Kühlung des Eisenkernes sicherzustellen, ist dieser aus 14 Paketen zusammengesetzt, die durch senkrechte Ölkanäle voneinander getrennt sind. Einer dieser Kanäle teilt den Schenkelquerschnitt in der Mitte senkrecht zur Blechebene, die übrigen laufen parallel mit den Blechen. Die Hauptdaten des Transformators sind folgende:

Leerlaufverlust	133 kW	Kern u. Wicklung	73 t
Kurzschlußverlust	184 kW	Gesamtgewicht mit Öl	162 t
Leerlaufstrom	2,9 %	Gesamthöhe	9650 mm
Kurzschlußspannung	10 %	Grundfläche	3400 × 6050 mm

Der Kasten besteht aus Glattblech, ist doppelt geschweißt und hat eine ovale Grundrißform. Die Wärme wird durch

Digitized by Google

im Innern des Kastens angeordnete Wasserkühlschlangen abgeführt. Die einzige Hochspannungsdurchführung ist ölgefüllt und besitzt einen kugelförmigen Ausdehnungskopf aus Glas. Die Isolationsprobe der Hochspannungsseite wurde durch Eigenerregung mit 577 kV und doppelter Periodenzahl während 1 min ausgeführt. Außerdem wurde der Transformator 5 Spannungsstößen (1,5/40 µs) mit einem Scheitelwert von 1500 kV ausgesetzt. Der Transport erfolgte in der Weise, daß der Kern mit Wicklung in einem mit Stickstoff gefüllten Sondertankwagen eingeschlossen und der Kasten in zwei Teile zerlegt wurde, um am Aufstellungsort zusammengeschweißt zu werden. [K. K. Paluev, Electr. Engng. 55 (1936) S. 649.]

R. K.

621. 314. 223. 027. 3 (7) **Spartransformatoren für 287,5 kV.** — In Los Angeles, dem Endpunkt der vom Boulder-Damm kommenden Drehstromdoppelleitung, sind 7 Einphasentransformatoren aufgestellt worden, die in zwei λ-geschalteten Sätzen die ankommende Spannung von 275 kV, 60 Hz, auf 132 kV herabsetzen. Die Transformatoren

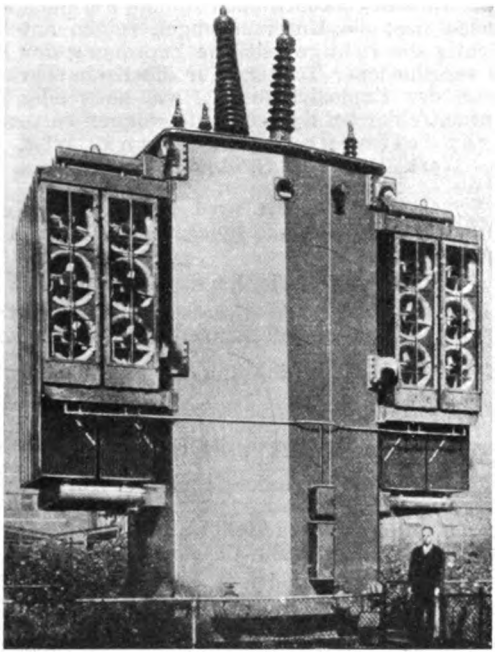


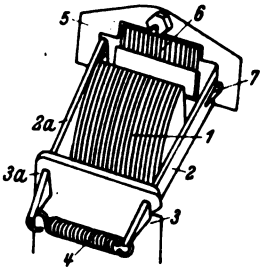
Abb. 6. Ansicht des 65 000 kVA-Transformators.

arbeiten in Sparschaltung mit starr geerdetem Sternpunkt und leisten je 48 750 kVA bei Selbstkühlung oder 65 000 kVA bei Anblasung durch Schraubenlüfter. Außerdem ist eine dritte Wicklung für 16 000 kVA und 13,2 kV vorgesehen, die mit den entsprechenden beiden anderen Transformatoren des gleichen Satzes in Δ geschaltet wird. Diese Wicklung erfüllt einerseits die bekannten Aufgaben einer Tertiärwicklung und speist außerdem einen Synchrongenerator zur Leistungsfaktorverbesserung. Durch die volle Belastung der Tertiärwicklung mit voreilendem Blindstrom wird die Dauerleistung der Transformatoren nicht herabgesetzt, wenn auf der Sekurdärseite eine entsprechende Blindleistung nacheilend entnommen wird. Die Transformatoren sind als Manteltype ausgebildet und kamen im unteren Teil ihres eigenen Kastens unter Stickstoff zum Versand. Um spätere Undichtigkeiten auszuschließen, wurde das Oberteil des Kastens am Bestimmungsort nicht angeflanscht, sondern angeschweißt. Der Kasten hat zur Erhöhung seiner Steifigkeit eine der Ellipse angenäherte achteckige Form. An den beiden Längsseiten sind Radiatorengruppen angesetzt, die von je 6 Schraubenlüftern in waagerechter Richtung belüftet werden (Abb. 6). Die Oberspannungsdurchführung hat eine 60 Hz-Überschlagspannung von 820 kV trocken, 635 kV naß und ist mit einer Funkenstrecke ausgerüstet, die einer Normalfunkenstrecke[1]) von 2340 mm entspricht. Geprüft wurde der Transformator durch Eigenerregung mit 120 Hz und 577 kV für 1 min und mit je 5 Spannungsstößen auf der 275- und 132-kV-Seite entsprechend einer Normalfunkenstrecke von 2240 mm bzw. 1065 mm. Das Gewicht von Kern und Wicklung beträgt 73 t, das Gesamtgewicht 169 t einschließlich 48 t Öl, die Gesamthöhe 10 900 mm, die Grundfläche 7030 × 3740 mm. [W. G. James u. F. J. Vogel, Electr. Engng. 55 (1936) S. 438.] *R. K.*

[1]) F. J. Vogel and V. M. Montsinger, Progreß Report on Impulse Testing of Commercial Transformers, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 52 (1933) S. 409.

Apparate und Stromrichter.

621. 318. 5. 064 **Stoßunempfindliche Schaltschütze.** — Den Schaltgeräten, die elektromagnetisch betätigt und in der Einschaltstellung nur durch die Kraft eines Elektromagneten festgehalten werden, haftet der Mangel an, daß sie in der Ausschaltstellung sehr erschütterungsempfindlich sind. Bereits kleine Erschütterungen oder Stöße genügen, um ein unerwünschtes Schließen der Schützkontakte zu bewirken. Die naheliegende Beseitigung dieses Mangels durch Verwendung einer am beweglichen Schützteil (beweglicher Kontakt mit Anker) wirkenden starken Rückzugfeder bringt andere, schwerwiegende Nachteile mit sich. Große, am beweglichen Schützteil wirkende Rückzugkräfte bedingen einen starken Magnetfluß im Schaltmagnet und führen damit zu großen Abmessungen und zu einem erheblichen Kupfer- und Eisenaufwand. Bei Schaltschützen, die in Bordanlagen hauptsächlich auf Kriegsschiffen eingebaut werden, ist eine große Erschütterungsunempfindlichkeit unbedingt notwendig. So darf durch den Abschuß von Geschützen in keinem Fall ein unbeabsichtigtes Schließen der Schützkontakte erfolgen, da dadurch empfindliche Betriebsstörungen entstehen können.



1 Anker
2, 2a Sperrstäbchen
3, 3a Achsen
4 Zugfeder
5 Sperrblech
6 fester Magnetkern
7 Sperrnase

Abb. 7. Einschaltsperre in ein Schaltschütz eingebaut.

Die vorerwähnte Erschütterungsempfindlichkeit wird bei einer neuen Bauart von Schaltschützen mit mechanischer Einschaltsperre vollkommen beseitigt. Aus Abb. 7 die schematisch in der Aufsicht die Magnetteile eines Schaltschützes zeigt, ist der Aufbau dieser Einschaltsperre ersichtlich. Auf dem beweglichen Teil, dem Anker *1*, sind rechts und links zwei Eisenstäbchen *2* und *2 a* so befestigt, daß sie um die Achsen *3* und *3 a* nach der Seite schwenken können. Die Zugfeder *4* hält die Eisenstäbchen auf dem größtmöglichsten Abstand. Bei geöffnetem Schaltschütz und unerregtem Schaltmagnet legen sich die beiden Stäbchen in Aussparungen des Bleches *5*, das auf dem festen Magnetkern *6* befestigt ist. Ein Schließen des Schützes wird in diesem Zustande durch die an die Stäbchen eingedrückten Vorsprünge *7* verhindert. Bei Erregung des Schaltmagneten werden die Stäbchen *2* und *2 a* durch den Streufluß an die Seitenwände des Schaltmagneten angezogen und damit die Einschaltsperre aufgehoben. Die Sperrvorrichtung kann auch mit Vorteil an Auslöse- und Einschaltmagneten von verklinkten Schaltern verwendet werden, wenn an die Erschütterungssicherheit dieser Schalter besonders hohe Anforderungen gestellt werden. [L. Rousseau, Rev. gén. Électr. 39 (1936) S. 699.]

Mzr.

621. 317. 7. 014. 7 : 621. 316: 935 **Ein neuer Abstimmungsmesser für Erdschlußspulen.** — Der Nullpunkt eines Drehstromsystems verlagert sich gegen Erde, wenn die Scheinwiderstände der drei Phasen gegen Erde nicht symmetrisch sind. Als geometrischer Ort für die Nullpunktverlagerung U_0 ergeben sich Kreise durch den Schwerpunkt des Spannungsdreickes (Abb. 8). Der Durchmesser der Kreise ist um so größer, je kleiner die Widerstände in den Strombahnen Leitung—Erde—Netznullpunkt sind. Die Lage des Nullpunkt-Potentials auf den Kreisen hängt ab von der Abstimmung der Erdschlußlöscheinrichtung. Bei bester Abstimmung ist die Nullpunktverlagerung gleich dem Kreisdurchmesser, bei Überkompensation liegt sie auf der linken, bei Unterkompensation auf der rechten Hälfte des

Digitized by Google

Kreises. Den Kreisumfängen lassen sich die nicht kompensierten Stromstärken zuordnen. Macht man die Nullpunktverlagerung nach Größe und Richtung vor einer Skala entsprechend der Abbildung sichtbar, so zeigt die Verlagerung die Verstimmung der Löscheinrichtungen des Netzes an. Um die zur einwandfreien Messung nötige Verlagerung von 10 bis 15 % der Phasenspannung zu erhalten, muß man die Scheinwiderstände der Phasen gegen Erde unsymmetrisch machen, d. h. man muß mindestens zwischen eine Phase und Erde einen passend bemessenen Widerstand schalten[1]).

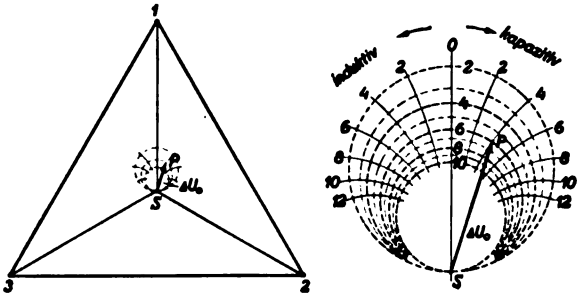


Abb. 8. Nullpunktverlagerung im kompensierten unsymmetrischen Drehstromnetz.

Die Darstellung der Nullpunktverlagerung geschieht nach dem Vorschlag von Mengele folgendermaßen: Man benutzt zwei Leistungsmesser, deren Stromspulen in Reihe über einen Widerstand von der Spannung Nullpunkt—Erde $= U_0$ erregt werden. Die Spannungsspulen der Leistungsmesser werden an die Phasenspannung der unsymmetrisch gemachten Phase bzw. an die dieser gegenüberliegende und auf ihr senkrecht stehende verkettete Spannung gelegt. Dann zeigt der erste Leistungsmesser die Wirk-, der zweite die Blindkomponente der Nullpunktverlagerung. Die Zeigerstellungen werden nun mittels Drehknopfs von Hand auf zwei sich kreuzende Zeiger eines zweiten Instrumentes übertragen. Der Schnittpunkt dieser Zeiger zeigt dann auf der Skala entsprechend Abb. 8 die Nullpunktverlagerung und damit den Kompensationszustand an. Vor der Messung muß an den Leistungsmessern die durch fast immer vorhandene natürliche Leitungsunsymmetrie hervorgerufene Nullpunktverlagerung korrigiert werden; erst dann erfolgt die Zuschaltung des Unsymmetriewiderstandes Phase—Erde.

Im Vergleich zu dem üblichen Verfahren der Kompensationsüberwachung[2]) ergibt sich bei der beschriebenen Anordnung der Nachteil, daß man zur Messung die unter voller Spannung stehende Phase über einen Widerstand erden muß, während man sonst die Meßeinrichtung an den praktisch spannungslosen Nullpunkt des Netzes legt. Auch die Notwendigkeit der Korrektur der natürlichen Verlagerung und die Übertragung der Zeigerausschläge von Hand auf das eigentliche Ablesegerät ist lästig. Vorteilhaft dagegen ist, daß die für die Beurteilung des Netzzustandes wichtige Wirkkomponente des Erdschlußstromes neben der Verstimmung des Netzes abgelesen werden kann. [B. Mengele, Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 299.] *W. Sr.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317 : 534. 78 **Sprachuntersuchungen mit Siebketten und Oszillograph.** — Zur objektiven Untersuchung über die physikalischen Eigenschaften von gesprochenen Silben und Wörtern läßt man die Schallvorgänge auf ein Kondensatormikrophon fallen, das auf einen Verstärker arbeitet. Im Ausgang des Verstärkers liegt ein Satz von 7 Oszillographenschleifen, und zwar ist die eine Schleife unmittelbar an dem Verstärker angeschlossen, während zwischen dem Verstärker und den anderen sechs Schleifen jeweils eine Siebkette liegt, welche nur die in einem Oktavbereich liegenden Komponenten hindurchläßt; die niedergeschriebenen Oszillogramme geben dann also den zeitlichen Verlauf des Gesamtschallvorganges und den Verlauf der Komponenten aus jeweils einer Oktave wieder. Die Oktavbereiche waren 100 bis 200, 200 bis 400, 400 bis 800, 800 bis 1600, 1600 bis 3200 und 3200 bis 6400 Hz.

Zunächst wurden die Grenzen und die Leistungsfähigkeit der Siebkettenaufzeichnung geprüft, und zwar wurde insbesondere untersucht, in welchem Maße bei der Aufzeichnung schnellstveränderlicher Schallvorgänge Verfälschungen durch die Eigenschwingungen der Siebe auftreten können. Es zeigt sich, daß die Verfälschungen nur geringe sind; sie stören bei den meisten praktisch vorkommenden Schallvorgängen noch nicht. Aufnahmen, welche mit dem beschriebenen Verfahren an Silben und an Wörtern durchgeführt wurden, ließen außerordentlich gut die Änderungen der Schallzusammensetzung im Ablauf der Sprache erkennen. Insbesondere tritt die sprachlich sehr wichtige zeitliche Zuordnung der meist in hohen Oktavbereichen liegenden Geräuschkomponenten zu den vorwiegend im Oktavbereich von 100 bis 200 Hz liegenden Stimmbandschwingungen in den Aufahmen klar hervor. Im besonderen Maß wurden solche Silben und Wörter untersucht, welche Explosivlaute enthalten; die physikalischen Eigenschaften auch dieser schnellstveränderlichen Vorgänge in der Sprache konnten klar herausgearbeitet werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind nicht nur für die Physik und Physiologie der Sprache, sondern auch für die Fernmeldetechnik von Bedeutung; die Untersuchungen zeigen anschaulich, wie wichtig die richtige zeitliche Zuordnung der Komponenten verschiedener Tonhöhe für die Erkennbarkeit insbesondere der Explosivlaute ist, wie notwendig es also ist, Laufzeitfehler bei Sprachübertragungen zu vermeiden. [F. Trendelenburg u. E. Franz, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 15 (1936) S. 78.] *Kdn.*

621. 317. 785 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende Bekanntmachungen:

„Bekanntmachung Nr. 416[1]):

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System $\overline{172}$ folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System $\overline{172}$, die Formen EFk1t, EF3k1t, EFk1tR und EF3k1tR, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,
hergestellt von der Firma **Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.**

Berlin-Charlottenburg, den 8. Juli 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Stark."

Beschreibung[2]):

Die durch die Bekanntmachung Nr. 370 vom 12. 1. 1935[3]) bzw. Nr. 378 vom 28. 2. 1935[4]) zur Beglaubigung zugelassenen Wechselstromzähler der oben genannten Formen des Systems $\overline{172}$ werden auch mit einer abgeänderten Vorrichtung zur Kompensation des Temperatureinflusses auf die Zählerangaben hergestellt. Die bisherige Vorrichtung, wie sie in der Bekanntmachung Nr. 337 vom 15. 6. 1933[5]) beschrieben ist, kommt in Fortfall. Dafür ist auf dem zur Verbreiterung des Spannungspols dienenden Eisenwinkel ein Blech aus einem Metall aufgeschweißt, dessen Permeabilität von der Temperatur abhängig ist. Ein gleiches Blech ist auf der an diesem Eisenwinkel sitzenden, zur Grobeinstellung des Zählers bei kleiner Last dienenden verdrehbaren Lasche angebracht.

Die Zähler dieser Ausführung können für die gleichen Meßbereiche beglaubigt werden wie die Zähler der bisher zugelassenen Ausführung.

„Bekanntmachung Nr. 417[6]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird dem System $\overline{112}$ folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht.

[1]) Schäfer, Über die meßtechnische Kontrolle der Erdschlußlöscheinrichtungen. Dissertation T. H. Darmstadt 1931.
[2]) Hueter u. Schäfer, ETZ 52 (1931) S. 1023.

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 217.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 416 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[3]) ETZ 56 (1935) S. 485.
[4]) ETZ 56 (1935) S. 870.
[5]) ETZ 54 (1933) S. 892.
[6]) Reichsministerialblatt 1936, S 257.

Digitized by Google

Zusatz zu System $\frac{\square}{112}$, die Form E 2, Elektrolytzähler für Gleichstrom, hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft** in **Nürnberg.**

Berlin-Charlottenburg, den 21. Juli 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Stark."

Beschreibung[1]):

Die durch die Bekanntmachungen Nr. 211[2]), Nr. 260[3]), Nr. 348[4]) und Nr. 388[5]) für die Nennspannungen 110, 220 und 440 V zur Beglaubigung zugelassenen Elektrolytzähler der Form E 2 des Systems $\frac{\square}{112}$ können auch für die in nachstehender Zahlentafel angegebenen Nennspannungsbereiche beglaubigt werden.

Nennstromstärke	Nennspannung	Meßbereich	Spannungsabfall bei Nennstrom etwa	Zellenstrom bei Nennstrom etwa	Vorwiderstand im Zellenkreis etwa
A	V	kWh	V	μA	Ω
2,5	100 ··· 150	50	0,5	73 ··· 163	5400 ··· 3500
2,5	200 ··· 250	50	0,6	126 ··· 238	3700 ··· 2900
2,5	200 ··· 250	100	0,5	73 ··· 136	5400 ··· 4300
2,5	200 ··· 250	200	0,5	37 ··· 69	10900 ··· 8700
3	100 ··· 150	50	0,5	87 ··· 197	4500 ··· 2900
3	200 ··· 250	50	0,7	152 ··· 285	3500 ··· 2800
5	100 ··· 150	50	0,7	145 ··· 328	3700 ··· 2400
5	100 ··· 150	100	0,5	73 ··· 163	5400 ··· 3500
5	100 ··· 150	200	0,5	37 ··· 82	10900 ··· 7200
5	200 ··· 250	200	0,5	73 ··· 137	5400 ··· 4300
5	200 ··· 250	400	0,5	37 ··· 69	10900 ··· 8700
5	400 ··· 500	400	0,5	73 ··· 192	5400 ··· 4300
10	100 ··· 150	200	0,5	73 ··· 163	5400 ··· 3500
10	100 ··· 150	400	0,5	37 ··· 82	10900 ··· 7200
10	200 ··· 250	200	0,5	145 ··· 272	3700 ··· 2100
10	200 ··· 250	400	0,5	73 ··· 137	5400 ··· 4300
10	200 ··· 250	800	0,5	37 ··· 68	10900 ··· 8700
10	200 ··· 250	1000	0,5	29 ··· 55	13600 ··· 10900
10	400 ··· 500	800	0,5	73 ··· 137	5400 ··· 4300
10	400 ··· 500	1000	0,5	58 ··· 109	6700 ··· 5400
10	400 ··· 500	2000	0,5	29 ··· 55	13600 ··· 10900
15	100 ··· 150	400	0,3	54 ··· 122	4300 ··· 2800
15	200 ··· 250	800	0,3	54 ··· 103	4300 ··· 3400
15	200 ··· 250	1000	0,3	44 ··· 82	5300 ··· 4300
15	400 ··· 500	1000	0,3	87 ··· 165	2600 ··· 2000
15	400 ··· 500	2000	0,3	44 ··· 82	5300 ··· 4300
20	100 ··· 150	400	0,3	73 ··· 163	3200 ··· 2100
20	100 ··· 150	800	0,3	37 ··· 82	6500 ··· 4300
20	100 ··· 150	1000	0,3	28 ··· 66	8100 ··· 5300
20	200 ··· 250	800	0,3	73 ··· 137	3200 ··· 2500
20	200 ··· 250	1000	0,3	58 ··· 109	4000 ··· 3200
20	200 ··· 250	2000	0,3	29 ··· 55	8100 ··· 6500

[1]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 417 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[2]) ETZ 47 (1926) S. 393.
[3]) ETZ 49 (1928) S. 1266.
[4]) ETZ 55 (1934) S. 322.
[5]) ETZ 56 (1935) S. 1104.

Beleuchtung.

628. 9 : 656. 1 **Grundsätzliches über die Beleuchtung von Landstraßen.** — Die Verkehrssicherheit erfordert es, daß die Kraftfahrer auch bei nächtlichem Verkehr auf der Landstraße befindliche Personen oder irgendwelche Hindernisse schon aus größerer Entfernung erkennen können. Erfolgt die Beleuchtung der Fahrstraße lediglich durch die Autoscheinwerfer, so ergeben sich folgende Sichtverhältnisse: Ein auf der Straße befindlicher Fußgänger bzw. ein Hindernis wird fast senkrecht vom Licht getroffen. Diese Art der Beleuchtung ist zwar für das Erkennen von Oberflächeneinzelheiten die günstigste. Zum rechtzeitigen Erkennen ist aber ein genügender Kontrast gegen den Hintergrund erforderlich. Infolge des meist geringen Rückstrahlvermögens des Gegenstandes (Bekleidung) ist die zurückgestrahlte Leuchtdichte jedoch gering. Der Hintergrund, gegen den sich der Gegenstand abheben muß, wird von der Landstraße gebildet. Da diese unter sehr großem Einfallswinkel vom Licht des Scheinwerfers getroffen wird, ist die Leuchtdichte ebenfalls klein. Es ergibt sich also, daß ein grauer Gegenstand gegen einen dunklen Hintergrund erkannt werden soll.

Erfolgt die Beleuchtung der Straße dagegen durch eine Anzahl festangebrachter Leuchten, so wird die Straße eine verhältnismäßig hohe Leuchtdichte aufweisen. Ein auf ihr befindlicher Fußgänger wird wegen der größeren Einfallswinkel des Lichtes nur sehr schwach beleuchtet werden. Es wird sich also ein Schattenbild gegen den Hintergrund abheben. Hierbei ist allerdings vorausgesetzt, daß die Straßenoberfläche diffus ist. Wenn die Straße jedoch naß wird, so tritt meistens spiegelnde Reflexion auf. Um auch in diesem Fall ein Erkennen von Gegenständen durch Schattenbildwirkung zu ermöglichen, müssen die Leuchten so angeordnet werden, daß das von der Landstraße spiegelnd zurückgestrahlte Licht in das Auge des Fahrers gelangt. Dies ist dann der Fall, wenn die Leuchten über der Mitte der betreffenden Fahrbahn aufgehängt sind. Für Straßen mit 4 nebeneinanderliegenden Fahrbahnen ergibt sich die beste Beleuchtung bei der in Abb. 9 a gezeigten Anordnung der Leuchten. Weniger gut, aber auch noch ausreichend, ist die Beleuchtung bei Anordnung der Leuchten nach Abb. 9 b. Die günstigste Anordnung der Leuchten für schmalere Straßen (2 Fahrbahnen) zeigt Abb. 9 c. In Krümmungen ist es am zweckmäßigsten, die Leuchten über der Außenseite der Krümmungen aufzuhängen (Abb. 9 d). Auf Grund von Überlegungen und Lichtbildaufnahmen ergibt sich, daß die Bedingungen der Erkennbarkeit von Gegenständen auf der Straße bei einer richtig gewählten Straßenbeleuchtung weit günstiger sind als bei der Beleuchtung der Straße nur durch die Kraftwagenscheinwerfer. Die Aufnahmen im Originalaufsatz zeigen z. B., daß bei richtig eingestellten auf Fernlicht geschalteten amerikanischen Scheinwerfern ein Fußgänger in einer Entfernung von 60 m kaum noch zu erkennen ist, während er bei Vorhandensein einer guten Straßenbeleuchtung in einer Entfernung von 120 m ohne Schwierigkeiten gesehen werden kann.

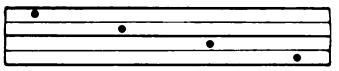


Abb. 9a. Günstigste Anordnung der Leuchten für eine Landstraße mit 4 Fahrbahnen.

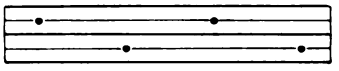


Abb. 9b. Anordnung der Leuchten für ausreichende Beleuchtung einer Landstraße mit 4 Fahrbahnen.

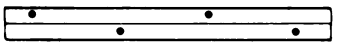


Abb. 9c. Günstigste Anordnung der Leuchten für eine Landstraße mit 2 Fahrbahnen.

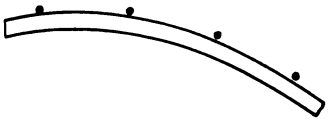


Abb. 9d. Günstigste Anordnung der Leuchten in einer Krümmung.

Für ortsfeste Straßenbeleuchtung ergibt sich eine günstigste Lichtverteilungskurve der Leuchte. Besonders wichtig ist hierbei, daß die Lichtstärke unter einem Winkel von 89 ° in der Größenordnung von 300 HK ist. Das optimale Verhältnis für den Abstand der Leuchten zur Aufhängehöhe beträgt 8. In Krümmungen empfiehlt es sich, einen geringeren Abstand der Leuchten zu wählen. Die günstigste Aufhängehöhe der Lichtquellen beträgt für gerade Streckenabschnitte etwa 11 m, für Straßen mit einer größeren Anzahl von Kurven etwa 9 m. [A. I. Sweet, Trans. Illum. Engng. Soc. 5 (1936) S. 481.] *M. W.*

Fernmeldetechnik.

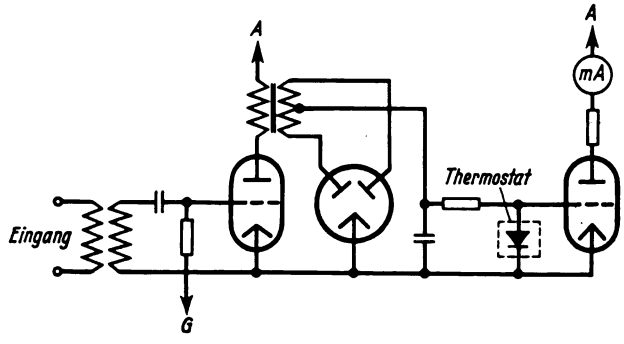
621. 317. 72 : 621. 395. 665 **Der Tonmesser, ein Spannungsspitzenmesser mit logarithmischer Anzeige.** — In der Rundfunk-, Schallplatten- und Tonfilmtechnik müssen die Amplituden überwacht werden, da die natürlichen Lautstärkeunterschiede wesentlich größer sind als die heute mit wirtschaftlichem Aufwand übertragbare Dynamik, die sich bei hochwertigen Übertragungen auf etwa 1 : 100 erstreckt. Da es praktisch unmöglich ist, die Dynamik der ursprünglichen Darbietung zu begrenzen, ist es Aufgabe des Tonmeisters, dies durch elektrische Nachregelung zu erreichen, ohne dabei den künstlerischen Ausdruck der Darbietung wesentlich zu verändern. Es ist verständlich, daß ein geeignetes Meßgerät eine derartige Amplitudenüberwachung erleichtert. An ein solches Gerät werden folgende Forderungen gestellt:

1. Der Amplitudenbereich 1 : 100 muß mit steter Genauigkeit ablesbar sein, und die zeitliche und amplitudenmäßige Bewegung des Zeigers muß annähernd den Lautstärkeverhältnissen entsprechen.

Digitized by Google

Logarithmische Skalenteilung wird also zweckmäßig sein.
2. Die Aussteuerungsgrenzen müssen gut erkennbar sein.
3. Kurzzeitige Spitzen von etwa 10 ms müssen noch möglichst ohne Fehler angezeigt werden.
4. Das Gerät muß frequenzunabhängig arbeiten, darf auf den Meßgegenstand praktisch nicht rückwirken und soll betriebssicher und einfach zu bedienen sein.

Der Tonmesser ist ein Spannungsspitzenmesser, dessen grundsätzlichen Aufbau Abb. 10 zeigt. Ein Kondensator wird von dem zu messenden, entsprechend verstärkten



A Anodenspannung *mA* Strommesser *G* Gittervorspannung

Abb. 10. Grundsätzlicher Aufbau des Tonmessers.

Tonfrequenzimpuls (30 bis 10 000 Hz) über Ventile in wenigen Millisekunden aufgeladen und behält seine Ladung so lange — aber auch nur so lange —, daß der Impuls an dem sehr schnell einschwingenden Drehspulinstrument abgelesen werden kann. Je kleiner dessen Einschwingzeit ist, desto kürzer kann für eine vorgegebene Genauigkeit die Entladezeit des Kondensators gehalten werden und desto besser stimmen Anzeige und Lautstärke zeitlich überein. Eine untere Grenze für die Einschwingzeit des Instruments ergibt sich durch die Trägheit des Auges und die Ermüdung des Beobachters durch zu schnell wechselnde Anzeige.

Das Drehspulsystem liegt im Anodenkreis einer Verstärkerröhre, die von der Kondensatorspannung gesteuert wird. Der Anodenstrom nimmt annähernd linear mit der Steuerspannung ab. Die Kondensatorspannung ist in dem zu überwachenden Amplitudenbereich (etwa 1 bis 100) den Spitzenwerten der Meßspannung proportional. Die angestrebte logarithmische Anzeige ergibt sich in einfacher Weise dadurch, daß die Kondensatorspannung dem Gitter nicht unmittelbar, sondern über einen geeigneten amplitudenabhängigen Spannungsteiler zugeführt wird. Dieser besteht aus einem hohen festen Widerstand und einer Kupferoxydul-Gleichrichterzelle, deren Spannung in der Durchlaßrichtung bei konstanter Temperatur mit sehr guter Annäherung logarithmisch mit dem Durchlaßstrom zunimmt. Die linear-logarithmische Übersetzung arbeitet praktisch trägheitslos.

Zur Vermeidung der Temperaturabhängigkeit befinden sich die Kupferoxydulzellen in einem sehr einfach und widerstandsfähig gebauten Thermostaten, der nur wenig größer ist als eine normale Verstärkerröhre und wie diese in eine passende Fassung eingesteckt wird. Die Anheizzeit des Thermostaten beträgt etwa 5 min.

Das Gerät besitzt vollständigen Netzanschluß. Störende Netzspannungsschwankungen sind dabei teils durch Stabilisierung der Anoden- und Gitterspannung, teils durch Linearisierung der Verstärkerröhren (Gegenkopplung, Überanpassung) vermieden. Der Fehler bei der Anzeige von tonfrequenten Impulsen, die nur 10 ms dauern, beträgt weniger als 0,1 Neper. Die Abklingzeit ist zu 1 oder 2 s einstellbar und entspricht ihrer Definition gemäß der Rückgehzeit des Zeigers über einen Bereich von 3 Neper. Die Zeit von 1 bis 2 s wurde durch Versuch als günstigste ermittelt. Wird sie verkürzt, so leidet infolge der zu schnellen Zeigerbewegung die Ablesegenauigkeit, und das Auge des Beobachters ermüdet rasch. Wird sie verlängert, so geht die zeitliche Zuordnung der Zeigerbewegung zum Lautstärkeeindruck verloren.

An die Anzeigeinstrumente werden dabei hinsichtlich der Einstellzeit hohe Anforderungen gestellt. Durch Verminderung der bewegten Masse des Drehspulsystems, Verwendung kräftiger Magnete und einer parallel zu dem Instrument liegenden Drosselspule ist es gelungen, ein Lichtzeigerinstrument von etwa 200 mm Skalenlänge herzustellen, dessen Einschwingzeit etwa 25 ms beträgt. Das Überschwingen des Zeigers ist kleiner als 2 %. Neben diesem großen Instrument können noch kleinere Zeigerinstrumente (Dosenform) und ein Schreibinstrument angeschlossen werden.

Die Empfindlichkeit des Gerätes ist den im Rundfunkbetrieb zu messenden Spannungen angepaßt (1,55 V und 15,5 V als obere Amplitudengrenze). Der Eingangswiderstand ist innerhalb des Tonfrequenzbandes (30 bis 10 000 Hz) größer als 10 000 Ω. [H. G. Thilo und M. Bidlingmaier, Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936) S. 176.]

eb.

Verschiedenes.

Haus der Technik. — In dem Wintersemester 1936/37 wird das Haus der Technik in Essen[1]) eine Reihe von Vorlesungen, Lehrgängen, Kursen usw. abhalten, von denen den Elektrotechniker besonders folgende interessieren werden:

8. 12. 1936 (Di), 19¹⁵: Einführung in die Elektrizitätswirtschaft. W. Windel VDE.

15. 12. 1936 (Di), 19⁰⁰: Das Kraftwerk:
a) Projektierung und Bau neuzeitlicher Kraftwerke. H. Schult.
b) Ausländische Kraftwerke. O. Schöne VDE.
(Gemeinschaftsveranstaltung VDI - Ruhrbezirksverein — Haus der Technik.)

22. 2. 1937 (Mo), 19¹⁵: Neuerungen aus dem Gebiet der Kabeltechnik. W. Birnbaum VDE.

2. 3. 1937 (Di), 19¹⁵: Der wirtschaftliche Erfolg von Höchstdruckanlagen. H. Hencky.

10. 3. 1937 (Mi), 19¹⁵: Entwicklung und Stand des Fernsehens (m. Vorführ.). F. Banneitz VDE.

Die Teilnehmergebühren betragen für die Semesterkarte für sämtliche Vorträge 10 RM. Nähere Auskunft erteilt die Geschäftsstelle: Haus der Technik, Essen, Postfach 254.

[1]) Mit dem Beginn des Wintersemesters finden die Vorlesungen in dem neuen Haus der Technik in den Räumen des ehemaligen Börsengebäudes am Hauptbahnhof statt.

AUS LETZTER ZEIT.

Oberleitungsomnibusse in Oldenburg. — Die Stadt Oldenburg hat sich zur Einführung des Obusbetriebes auf zunächst einigen Teilstrecken entschlossen[1]). Seit Anfang Oktober werden diese etwa 12 km langen Teilstrecken mit 7 Fahrzeugen im regelmäßigen Verkehr befahren. Die Zweiachser sind mit einfacher Differential-Hinterachse gebaut und haben ein Leergewicht von 7,18 t. Als Bremse ist neben einer Handbremse (als Feststellbremse) eine vereinigte Öldruck-Druckluft-Bremse vorhanden. Als Antriebsmaschine dient bei den ersten 5 Wagen ein Gleichstrom-Hauptschlußmotor von 59 kW Stundenleistung bei einer Drehzahl von 1080 U/min. Der Fahrschalter ist ein Nockenfahrschalter, dessen Hauptwalze stromabhängig selbsttätig von einem Drehmagneten gedreht wird. Die Stromabschaltung ist allpolig möglich und geschieht durch einen Höchststromschalter mit Freiauslösung, der jedoch auch durch Handgriff abschaltbar ist. Der Strom wird durch Schleifschuhe abgenommen. Das Fahrzeug entwickelt eine Höchstgeschwindigkeit von etwa 55 km/h. Neu ist für deutsche Verhältnisse, daß sich der Verkehr zum Teil mit Anhängewagen abwickelt. Mehrtägige Messungen ergaben einen Stromverbrauch von nur etwa 115 Wh/tkm. Der Stromversorgung (550 V Gleichstrom) dienen Gleichrichteranlagen (Glasgleichrichter). Die Fahrdrähte sind ausschwingbar aufgehängt, und zwar an Querdrähten wie auch an Auslegern in Parallelogrammaufhängung. Neu ist für diese Art der Ausführung die Kupplung beider Drähte durch Abstandhalter an den Isolatoren. Es hat sich im Betrieb herausgestellt, daß diese Fahrleitung auch bei höheren Geschwindigkeiten völlig ruhig liegt. Auch die Ausführung sämtlicher Streckenendpunkte als Fahrdrahtschleifen an einem einzigen Mittelmast aufgehängt, ist neuartig. *f.*

[1]) ETZ 57 (1936) H. 27, S. 777.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Netznachbildungen zur versuchsmäßigen Lösung schwieriger Netzberechnungsaufgaben.

Von **Heinrich Grünewald VDE**, Berlin.

621. 311. 1. 001. 5

Übersicht. Die zunehmende Vermaschung und Verkupplung der Stromversorgungsnetze macht ihre Berechnung umständlich und schwierig. Man hat deshalb Nachbildungen der Netze (Netzmodelle) geschaffen, mit denen die Aufgaben durch Versuch und durch Rechnung gelöst werden können. Nach einem kurzen Überblick über die verschiedenen Arten von Netznachbildungen wird etwas ausführlicher auf die mit Wechselstrom betriebenen Netznachbildungen eingegangen, die besonders in Amerika in Gebrauch und erheblich vielseitiger verwendbar sind als die einfachen mit Gleichstrom betriebenen Netznachbildungen.

Geschichtliches.

Nachbildungen einzelner Leitungen oder Kabel großer Länge zur versuchsmäßigen Lösung von Fragen, die der Berechnung schwer zugänglich sind, sind wohl zuerst in der Fernmeldetechnik für die Untersuchung der Wanderwellenfortpflanzung in langen Leitungen und Kabeln verwendet worden[7]). In Deutschland sind hauptsächlich von K. W. Wagner solche Leitungsnachbildungen aus Drosselspulen, Kapazitäten und Widerständen dazu verwendet worden, um die Vorgänge künstlich so zu verlangsamen, daß die Wanderwellen mit einem Schleifenoszillographen aufgezeichnet werden konnten[10])[11]). Erst etwa anderthalb Jahrzehnte später war es möglich, Wanderwellenvorgänge auf Hochspannungsfreileitungen mit Hilfe des Kathodenstrahloszillographen aufnehmen zu können*).

Im Schrank ganz links ist das dritte Feld von oben eine Maschinennachbildung. Die anderen Schränke enthalten größtenteils Widerstände und Drosselspulen mit den Schaltern und Regeleinrichtungen. Auf dem Tisch die Meßeinrichtung.

Abb. 1. Wechselstrom-Netznachbildung der Commonwealth Edison Company, Chicago.

Neben solchen Nachbildungen einzelner Leitungen großer Länge[7] bis [17]) hat mit der zunehmenden Vergrößerung und Vermaschung der Kraftübertragungsnetze die Nachbildung ganzer Netze zur versuchsmäßigen Lösung von Aufgaben Bedeutung gewonnen, die der Berechnung nur unvollkommen oder schwer zugänglich sind. Eine ältere, ebenso eigentümliche wie technisch beachtenswerte Lösung der Aufgabe, umständliche Rechnungen durch den Versuch an der Nachbildung eines Netzes zu vereinfachen oder ganz überflüssig zu machen, stellt eine Berechnungsmaschine dar, die von J. Nowak entwickelt worden ist[1]). Sie diente dazu, Stromverteilungsaufgaben im Gleichstromnetz der Stadt München maschinell zu lösen. Die Spannungsabfälle und die Ströme in den Leitungen werden in der Berechnungsmaschine in Umdrehungszahlen von Wellen umgesetzt und an Zählwerken abgelesen. Die Wellen sind über Getriebe miteinander gekuppelt, von denen so viele vorhanden sind, wie das Netz Knotenpunkte hat. Die Leitwerte der von den Knotenpunkten ausgehenden Leitungen werden durch geeignete Wahl der Übersetzungsverhältnisse der Getrieberäder nachgebildet. Dadurch und durch Sperrung bestimmter Wellen ist es möglich, aus gleichartig aufgebauten Knotenpunktgetrieben jedes beliebige Netzgebilde in der Berechnungsmaschine darzustellen. Für jeden Knotenpunkt ist je ein Zählwerk für den Belastungsstrom und den Spannungsabfall vorhanden. In jeder Leitung zwischen zwei Knotenpunkten liegen zwei Zählwerke, die den Leitungsstrom nach Größe und Richtung als Umdrehungszahl anzeigen. Diese großartig durchdachte Maschine gestattet die Lösung aller Aufgaben der Belastungsverteilung, Spannungshaltung usw., ohne daß in umständlichen Rechnungen Gleichungssätze mit vielen Unbekannten zu lösen sind.

Im Gegensatz zu dieser ein Netz darstellenden Berechnungsmaschine, in der die elektrischen Größen in mechanische Einheiten umgesetzt werden, sind im allgemeinen Netznachbildungen selbst kleine elektrische Netze, in denen die Widerstände der Leitungen, Maschinen, Umspanner usw. in bestimmten Verkleinerungs- oder Vergrößerungsmaßstäben nachgebildet sind und die mit entsprechend verkleinerten Spannungen und Strömen betrieben werden. Solche Abbilder sind weniger für Gleichstrom- als vielmehr für Drehstromnetze ausgeführt worden. Da hier aber außer den Wirk- auch die induktiven und kapazitiven Blindwiderstände ausschlaggebend sind, müßten sie auch entsprechend durch Wirkwiderstände, Drosselspulen und Kondensatoren nachgebildet werden. Solche „Wechselstrom-Netznachbildungen" sind aber außerordentlich teuer. Man hat deshalb anfangs „Gleichstrom-Netznachbildungen" gebaut, die für die Lösung bestimmter Aufgaben der Netzberechnung genügen und erheblich billiger herzustellen sind.

[7]) Die Zahlen beziehen sich auf das Schrifttumverzeichnis am Schluß der Arbeit.

*) Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhange, daß man neuerdings in Amerika zur Untersuchung und Darstellung von Wanderwellenvorgängen auf Leitungen künstliche Nachbildungen geschaffen hat mit einem abgeschmolzenen Glühkathodenstrahloszillographen als Anzeigegerät[18]).

Digitized by Google

Gleichstrom-Netznachbildungen.

Des einfacheren Aufbaues wegen wird zuerst die Gleichstrom-Netznachbildung[19 bis 43]) behandelt. Da sie nur Wirkwiderstände enthält, muß bei der Wiedergabe eines Wechsel- oder Drehstromnetzes entschieden werden, ob die Widerstände in dem Abbild den Wirk-, Blind- oder Scheinwiderständen der Leitungen, Maschinen, Umspanner und Drosselspulen entsprechen sollen. Während bei den letzten drei die Wirkwiderstände im allgemeinen gegenüber den induktiven Blindwiderständen nur von untergeordneter Bedeutung sind, machen sie bei Freileitungen und insbesondere bei Kabeln einen beträchtlichen Anteil der Blindwiderstände aus. Werden die Widerstände der Nachbildung gleich den induktiven Blindwiderständen des Netzes gemacht, so hat man eine Blindwiderstands-Nachbildung; sind sie gleich den Scheinwiderständen, so hat man eine Scheinwiderstands-Nachbildung[24]). Auf die Wiedergabe der Leitungskapazitäten muß bei einer Gleichstrom-Netznachbildung verzichtet werden. Sie braucht auch immer nur einpolig zu sein mit einem Rückleiter, dessen Widerstand vernachlässigbar ist. Bei der Wiedergabe eines Drehstromnetzes müssen demnach alle Widerstandsgrößen auf einen Leiter bezogen werden, und die Spannung der Netznachbildung muß der Sternspannung entsprechen.

Der große Vorteil einer Gleichstrom-Netznachbildung besteht darin, daß die Widerstände billig und einfach herzustellen und auch leicht regelbar einzurichten sind. Das letzte ist besonders wichtig, wenn eine Netznachbildung nicht nur einem bestimmten Netz entsprechen, sondern für die Untersuchung beliebiger Netzschaltungen eingerichtet sein soll. Als Stromquelle dient entweder ein Gleichstromnetz mit einem zwischengeschalteten Regelwiderstand oder auch eine Gleichstrommaschine mit Feldregelung, die einen besonders wirtschaftlichen und beweglichen Betrieb zuläßt.

Durch die weitgehenden Vereinfachungen und Abweichungen gegenüber dem darzustellenden Wechsel- oder Drehstromnetz ist der Anwendungsbereich einer Gleichstrom-Netznachbildung nur beschränkt. Fragen der Leistungsverteilung und -regelung, der Spannungshaltung und des Parallelarbeitens mehrerer Kraftwerke können z. B. mit Ausnahme sehr einfacher Sonderfälle[35]) mit einer Gleichstrom-Netznachbildung nicht behandelt werden. Auch die Untersuchung von Erdschlußfragen in einer Netznachbildung, die nur die Reihenwiderstände der Leitung enthält, ist nicht möglich. Man hat aber für einen Sonderzweck auch entsprechend eingerichtete Gleichstrom-Netznachbildungen zur schnellen Feststellung der Abstimmungsverhältnisse in Netzen mit Erdschlußlöschung verwendet[41]). Hierbei sind die Kapazitäten der Leitungen und die Induktivitäten der Löschspulen jeweils durch Widerstände dargestellt. Jede Änderung in der Schaltung des Netzes und der Löschspulen wird in dem Abbild entsprechend eingestellt. Man kann dann an Strommessern unmittelbar die Größe des Erdschluß- und des Spulenstromes ablesen und ersehen, ob das Netz richtig abgestimmt ist, bzw. welche Löschspulen noch ab- oder zugeschaltet werden müssen**).

Am häufigsten sind Gleichstrom-Netznachbildungen für die Behandlung von Aufgaben der Kurzschlußstromberechnung in großen Netzen verwendet worden, weil hierbei weitgehende Vereinfachungen möglich sind und die Genauigkeit des Ergebnisses hinter der Forderung, auf einfachstem Weg dazu zu kommen, zurückstehen kann[19]) [21]) [24 bis 28]), [30 bis 32]), [38 bis 40]) [42]) [43]). Die Rechnungen werden bei den vermaschten und vielfach gespeisten Netzen, wie sie heute in der Elektrizitätsversorgung üblich sind und in denen die speisenden Kraftwerke auch während eines Kurzschlusses miteinander über Leitungen mit nicht vernachlässigbaren Widerständen verkuppelt bleiben (verbundgespeiste Kurzschlüsse) derart umständlich und langwierig, daß man zweckmäßig den Versuch zu Hilfe nimmt, zumal wenn es sich um die Durchrechnung einer großen Zahl von Kurzschlußfällen in einem Netz handelt. Aber auch nur für solche Netze lohnt sich eine Netznachbildung. Einfachgespeiste Kurzschlüsse und Fälle, die sich in solche zerlegen lassen, sind der Berechnung unschwer zugänglich. Mit einer Netznachbildung kann man entweder eine Kurzschlußstromberechnung vollständig durch den Versuch lösen, oder man verwendet den Versuch nur zur Abkürzung und einfachen Lösung der umständlichen und zeitraubenden Netzberechnung und behält den einfachen Teil der Rechnungen bei. Das Ergebnis ist im ersten Fall weniger genau als im zweiten, weil es nicht möglich ist, die durch die Sättigung bedingten Änderungen der inneren Widerstandsverhältnisse der Maschinen gegenüber dem Leerlauf oder dem üblichen Belastungszustand für den Kurzschlußfall einfach zu erfassen. Diese Änderung ist nämlich von den wirksamen Außenkreiswiderständen jedes Kraftwerkes abhängig. Im Fall des verbundgespeisten Kurzschlusses sind diese Werte aber zunächst noch nicht bekannt, da sie sich erst aus der tatsächlichen Verteilung der Kurzschlußströme im Netz ergeben. Das andere Verfahren besteht darin, zunächst unter Annahme unveränderlicher innerer Maschinenwiderstände, die gleich den Werten bei Leerlauferregung angenommen werden, eine Kurzschlußstromverteilung im Netz zu bestimmen und aus dieser vorläufigen Stromverteilung, die der endgültigen einigermaßen entspricht, die wirksamen Außenkreiswiderstände für die einzelnen Kraftwerke zu bestimmen, mit denen man dann weiterrechnet und auch den Einfluß der Sättigung genau genug auf rechnerischem Wege berücksichtigen kann. Auf weitere Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden, weil die Verfahren an anderer Stelle schon ausführlich behandelt worden sind.

Wenn bei dem zu untersuchenden Netz die Wirkwiderstände gegenüber den Blindwiderständen vernachlässigt werden können, ist der Fehler, der durch die unvollkommene Darstellungsmöglichkeit in der Gleichstrom-Netznachbildung entsteht, am geringsten. Eine eingehende Untersuchung von Schurig[24]) hat aber ergeben, daß auch bei Netzen, bei denen diese Voraussetzung nicht gegeben ist, im allgemeinen die Blindwiderstands-Nachbildung geringere Fehler ergibt als die Scheinwiderstands-Nachbildung, wenigstens werden die Kurzschlußströme in der Blindwiderstands-Nachbildung nicht zu klein erhalten.

Bei allen Netzberechnungsaufgaben, bei denen zwischen den Wirk- und Blindleistungen unterschieden werden muß, das sind alle Aufgaben der Stromverteilung, Spannungsregelung, des Parallelbetriebes usw., kann eine Gleichstrom-Netznachbildung nur ganz unvollkommen oder überhaupt nicht verwendet werden. Dieser Mangel hat Anlaß zur Ausführung von Wechselstrom-Netznachbildungen gegeben.

Wechselstrom-Netznachbildungen.

Sollen die in einem Wechsel- oder Drehstromnetz vorliegenden Aufgaben und Fragen durch Versuch in einer Nachbildung gelöst werden können, so muß sie die Wirk-, die induktiven und kapazitiven Blindwiderstände des Netzes enthalten. Ferner müssen die Stromquellen des Netzes so nachgebildet werden, daß sowohl zwischen den Spannungsvektoren der einzelnen Kraftwerke als auch zwischen den Strom- und Spannungsvektoren jedes einzelnen Kraftwerkes beliebige Winkellagen eingestellt werden können. Diese Forderung schließt die weitere ein, daß mindestens ebenso viele Kraftwerk-Nachbildungen vorhanden sein müssen, wie das zu untersuchende Netz Kraftwerke hat. Grundsätzlich genügt die einpolige Darstellung, da sich symmetrische Belastungszustände ohne weiteres einpolig untersuchen lassen. Bei der Behandlung unsymmetrischer Belastungs- und Betriebszustände geht man nach den Regeln des Rechenverfahrens mit symmetrischen Kompo-

**) In ausgedehnten Kabel- und in Höchstspannungsnetzen, in denen es auf genaueste Abstimmung der Löscheinrichtungen ankommt, wird der Abstimmungszustand des Netzes vielfach unmittelbar gemessen.

Digitized by Google

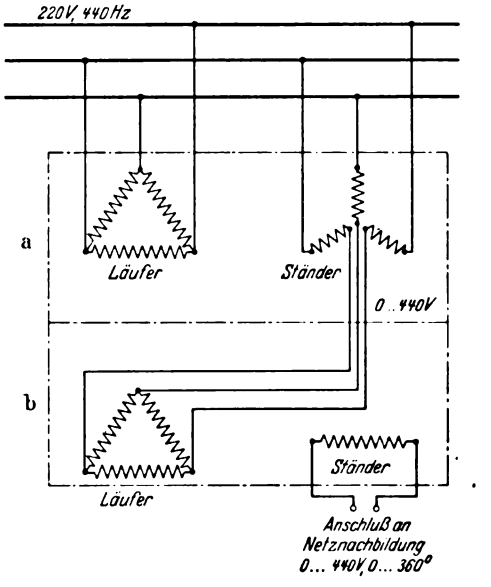
nenten vor und untersucht nacheinander in entsprechend eingestellten Nachbildungen das Mit-, Gegen- und Nullsystem. Bei der Untersuchung von Erdschlußfragen ist dieses Verfahren etwas umständlich, jedoch ist ihre versuchsmäßige Lösung im allgemeinen auch nicht erforderlich.

Allerdings erfordert eine Netznachbildung, die außer Wirkwiderständen zahlreiche Drosselspulen und Kapazitäten sowie eine Reihe von Kraftwerk-Nachbildungen mit weitgehender Einstell- und Regelbarkeit enthält, einen erheblichen Kostenaufwand, zumal auch die Meßeinrichtungen für Wechselstrom umfangreicher (Messung von Wirk- und Blindgrößen) und bei den kleinen, genau zu messenden Werten auch erheblich kostspieliger sind als für eine Gleichstrom-Netznachbildung. Die Anschaffung einer solchen Einrichtung kommt deshalb für ein einzelnes Unternehmen schwerlich in Frage. In Amerika gibt es einige Stellen, die größere Wechselstrom-Netznachbildungen haben (Abb. 1) und für Stromversorgungsunternehmungen Untersuchungen ausführen. Hierzu muß aber die Netznachbildung sehr beweglich in ihrem Aufbau sein, es müssen beliebige Netzarten und -schaltungen nachgebildet werden können und die Wirk- und Blindwiderstände für die einzelnen Netzteile weitgehend regelbar sein. Diese Anforderungen bedingen einen baukastenartigen Aufbau, für den im folgenden eine Reihe von Gesichtspunkten gegeben werden soll.

Die Nachbildungsmaßstäbe. Bei der Nachbildung eines Netzes ist zuerst die Frage zu entscheiden, in welchem Maßstab verkleinert werden soll[59]). Wegen der Kosten müssen die Einheiten der Nachbildung so klein wie irgend möglich gehalten werden, jedoch sind Grenzen durch die Leistungsfähigkeit der Meßeinrichtungen gegeben. Bei einer Wechselstrom-Netznachbildung ist der Frequenzmaßstab am wichtigsten. Von ihm hängt ja die Größe der Drosselspulen und Kondensatoren zur Nachbildung der Induktivitäten und Kapazitäten des Netzes ab. Würde man den Frequenzstab gleich 1, also die Frequenz der Nachbildung gleich der tatsächlichen Netzfrequenz wählen, so würden die Drosselspulen in der Nachbildung viel zu groß und teuer. Man wählt deshalb zweckmäßig eine höhere Frequenz. Eine obere Grenze ist aber hier durch die Nachbildung der Maschinen gegeben, bei denen es Schwierigkeiten macht, für höhere Frequenzen eine gute Kurvenform zu erhalten. Sie ist aber zur Vermeidung von Fehlern bei den zu messenden kleinen Werten eine unbedingte Voraussetzung. Eine eingehende Untersuchung hat ergeben, daß man schon bei 200 Hz auf erträgliche Abmessungen für die Spulen kommt und daß hierfür auch die Maschinennachbildungen noch mit einwandfreier Kurvenform ausgeführt werden können. Eine amerikanische Wechselstrom-Netznachbildung arbeitet mit 440 Hz[52]), die sich bei einer Untersuchung des Frequenzbereiches zwischen 60 und 1000 Hz als wirtschaftlich ergeben hat. Der einmal gewählte Frequenzmaßstab ist eine unveränderliche Kenngröße der Netznachbildung, während die übrigen Maßstäbe von Fall zu Fall, je nach den Verhältnissen des nachzubildenden Netzes, verschieden gewählt werden müssen. Zweckmäßigerweise werden zuerst der Spannungs- und der Leistungsmaßstab festgelegt, mit denen die Strom-, Widerstands-, Induktivitäts- und Kapazitätsmaßstäbe gegeben sind. Der Spannungsmaßstab ergibt sich für die Darstellung eines Netzes von selbst aus seiner Betriebsspannung und der Betriebsspannung der Stromerzeuger in der Netznachbildung. Diese wird schon aus Gründen der Isolation zweckmäßig in der Größenordnung von 100 bis 250 V liegen. Der Leistungsmaßstab kann auch nicht beliebig gewählt werden, weil er durch die Größe der Maschinennachbildungen bestimmt ist. Leistungs- und Spannungsmaßstab durcheinander geteilt ergeben den Strommaßstab. Aus Spannungs- und Strommaßstab folgt in gleicher Weise der Widerstandsmaßstab, der für die Blind- und Wirkwiderstände gleich ist. Diese Überlegungen zeigen schon, daß bei einer Netznachbildung die Wirk- und Blindwiderstände in sehr weitem Bereich regelbar sein müssen, wenn Netze von verschiedener Betriebsspannung und mit beliebiger Leistungsfähigkeit darstellbar sein sollen.

Einzelteile einer Wechselstrom-Netznachbildung.

Stromerzeuger. Die Maschinennachbildungen sind wohl der schwierigste Teil, weil sie besondere Anforderungen hinsichtlich der Einstellbarkeit der abgegebenen Wirk- und Blindleistungen erfüllen müssen. Diese Regelbarkeit läßt sich sowohl mit umlaufenden als auch mit feststehenden Maschinen nach Art von Induktionsreglern erreichen. Umlaufende Maschinen mit Einzelantrieb scheiden aus, weil bei den kleinen Einheiten der Parallellauf Schwierigkeiten bereiten dürfte. Möglich wäre aber der gemeinsame Antrieb mehrerer Einzelmaschinen. Die Wirkleistung wäre dabei durch Verdrehen der Ständer und die Blindleistung durch Änderung der



a Spannungsregler *b* Phasenschieber

Abb. 2. Schaltung für eine Maschinennachbildung aus zwei Induktionsreglern. Die Einphasenspannung am Anschluß der Netznachbildung ist der Größe und Phasenlage nach regelbar.

Gleichstromerregung zu regeln. Schwierigkeiten dürfte es aber bereiten, bei den verhältnismäßig kleinen Leistungen der Stromerzeuger und der hohen Frequenz einwandfrei eine für alle Maschinen unbedingt gleiche Kurvenform der Spannung zu erzielen. Es liegt der Gedanke nahe, daß man bei einzelangetriebenen Stromerzeugern besondere Vorteile bei Stabilitätsuntersuchungen hätte. Da aber bei solchen Fragen neben den elektrischen auch die mechanischen Eigenschaften der Maschinen ausschlaggebend sind, müßten die Nachbildungen jeweils die geforderten elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Vorbilder erhalten. Das ist aber bei so kleinen Einheiten schwierig.

Werden statt umlaufender Maschinen feststehende regelbare Einheiten verwendet, so muß für die Stromversorgung der Netznachbildung eine größere Maschine der entsprechenden Frequenz mit ausreichend großer Leistung vorhanden sein. Das hat den Vorteil einer einheitlichen Spannungskurve für die ganze Netznachbildung. Bei einigen amerikanischen Anlagen bestehen die Maschinennachbildungen aus einem Drehstrominduktionsregler zum Einregeln der Spannung und einem zweiten als Phasenschieber ausgebildeten Drehregler mit einer dreiphasigen Läufer- und einer einphasigen Ständerwicklung[53]). Beide Induktionsregler sind gleich groß und in einem gemeinsamen Gestell eingebaut, auf dessen vorderer Abschlußplatte die Schalter und Handräder zur Bedienung sowie zwei Teilkreise sitzen, an denen die Spannungshöhe und die Winkellagen abgelesen werden können. Die Schaltung einer solchen Kraftwerknachbildung zeigt Abb. 2; an ihr

Digitized by Google

läßt sich jede gewünschte Spannungshöhe und Winkellage der dem Netz zugeführten einphasigen Spannung einstellen, also die abgegebene Wirk- und Blindleistung einregeln. Zu untersuchen wäre, wieweit mit Schubtransformatoren oder geeigneten anderen Zusammenstellungen von Regelgliedern dasselbe Ziel erreicht werden kann. Wenn man die Verwendung von Stromrichterschaltungen in diesem Zusammenhange in Erwägung zieht, müßte vor allem der Kurvenform der erzeugten Spannung Beachtung geschenkt werden.

Bei Untersuchungen des fehlerfreien Netzbetriebes (ausgenommen Stabilitätsuntersuchungen) spielen die inneren Maschinenwiderstände keine Rolle. Maßgebend ist nur die Größe der Klemmenspannungen, ihre gegenseitige Phasenlage und die Winkel zwischen Strömen und Spannungen. Bei Kurzschlußuntersuchungen gehen aber auch die inneren Maschinenwiderstände mit ein, die sich gegenüber den Werten des störungsfreien Betriebes erheblich verändern. Man muß dann erforderlichenfalls regelbare Drosselspulen den Maschinennachbildungen vorschalten.

Umspanner. Bei Umspannern genügt es, ihre Streuinduktivität in der Netznachbildung durch Drosselspulen darzustellen. Die Wirkwiderstände können bei den meisten Untersuchungen vernachlässigt werden.

Strombegrenzungsdrosselspulen. Auch bei diesen Drosselspulen braucht nur der Blindwiderstand berücksichtigt zu werden. Die dünndrähtigen Spulen in der Nachbildung haben aber im Verhältnis viel zu große Wirkwiderstände. Man muß dann den Wirkwiderstand der Leitung, vor welcher die Drosselspule liegt, entsprechend verkleinern. Lediglich bei Kurzschlüssen unmittelbar hinter einer Drosselspule wird dadurch ein etwas zu geringer Kurzschlußstrom gemessen.

Freileitungen und Kabel. Bei den Leitungen müssen Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazität nachgebildet werden (Betriebskapazität bei einpoliger Nachbildung). Es gibt zwei Möglichkeiten für die Schaltung der Kapazität, die *T*- und die *II*-Schaltung (Abb. 3).

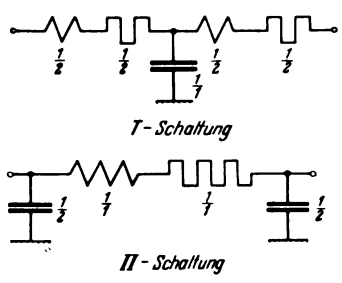


Abb. 3. *T*- und *II*-Schaltung für Leitungsnachbildungen.

Die *II*-Schaltung hat den Vorzug, daß die Reihenwiderstände nicht geteilt zu werden brauchen, und ist deshalb empfehlenswerter.

Belastungen und Blindleistungsmaschinen. Belastungen werden je nach der Größe der Wirkleistung, sowie der induktiven oder kapazitiven Blindleistung durch Wirkwiderstände, Drosselspulen bzw. Kondensatoren wiedergegeben, die in der Netznachbildung zwischen dem Leiter und dem gemeinsamen Rückleiter liegen. Umlaufende Blindleistungsmaschinen können in der Netznachbildung durch Kondensatoren ersetzt werden, wenn es sich nicht gerade um die Untersuchung von Stabilitätsfragen handelt. Für diesen Sonderfall können die Blindleistungsmaschinen durch die Maschinennachbildungen wiedergegeben werden.

Meßeinrichtungen. Bei dem heutigen Stand der Meßtechnik macht es keine Schwierigkeiten, geeignete Spannungs-, Strom- und Leistungsmesser für kleine Wechselstromgrößen zu bauen, wie sie in einer Netznachbildung vorkommen. Grundsätzlich muß die Forderung erfüllt sein, daß das Einschalten der Meßgeräte an irgendeiner beliebigen Stelle der Netznachbildung die eingestellten Widerstandsverhältnisse nur um vernachlässigbare Beträge ändert. Strommesser müssen also einen ausreichend geringen inneren Widerstand und Spannungsmesser einen geringen Eigenverbrauch haben, da sie wie Belastungen im Netz wirken. Für die Strom- und Spannungspfade der Wirk- und Blindleistungsmesser gilt das gleiche. In Amerika hat man für Wechselstrom-Netznachbildungen unter Verwendung eines Phasenschiebers eine Meßeinrichtung durchgebildet, mit der Ströme und Spannungen ihrer Größe und Winkellage nach gemessen werden können[57]). Bei der Festlegung der Meßbereiche muß beachtet werden, daß sowohl die großen Ströme an den Speisestellen, als auch die kleinsten Ströme im Netz und schließlich auch bei Kurzschlußuntersuchungen die sehr hohen Kurzschlußströme mit der gleichen Genauigkeit gemessen werden müssen. Entsprechendes gilt für die Blind- und Wirkleistungsmesser.

Aufbau und Schaltung.

Die Genauigkeit, mit der eine Netznachbildung dem gegebenen Vorbild entspricht, hängt davon ab, wie genau die verschiedenen Widerstandswerte eingestellt werden können. Stetig veränderliche Widerstände, Drosselspulen und Kondensatoren wären also am zweckmäßigsten. Nicht einfach ist es aber dabei, den jeweils geforderten Wert zuverlässig einzustellen. Bei in Stufen veränderbaren Einheiten besteht diese Schwierigkeit nicht, sie müssen aber sehr fein abgestuft werden, damit die Sollwerte genau genug erreicht werden können. Die Regel- und genaue Einstellbarkeit der Drosselspulen ist eine sehr schwierig zu lösende Aufgabe. Spulen mit magnetischen Kernen lassen sich durch Luftspaltänderung regeln, jedoch muß bei ihnen auf Sättigungsfreiheit geachtet werden. Die Kondensatoren zur Nachbildung der Betriebs- oder Erdkapazitäten der Leitungen und die größeren Kondensatoren als Abbilder von Phasenschiebern können aus festen Einheiten bestehen bzw. brauchen nur in Stufen veränderbar zu sein.

Für den Aufbau einer Wechselstrom-Netznachbildung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Entweder können alle Wirkwiderstände, Drosselspulen usw. mit ihren Einstellvorrichtungen auf Grundbrettern einheitlicher Größe angebracht werden, die in beliebiger Reihenfolge in Gestelle eingesetzt werden können, oder die zur Darstellung einer Leitung erforderlichen drei Elemente können als eine regelbare „Leitungseinheit" zusammengebaut sein (Abb. 1). Dann dürfte aber wegen der größeren Abmessungen und Gewichte nur ein fester Einbau in einem Gerüst in Frage kommen. Die einzelnen Einheiten werden am zweckmäßigsten durch Steckerleitungen miteinander in der gewünschten Schaltung verbunden. Diese Leitungen müssen aber so großen Querschnitt haben, daß ihr Widerstand die eingestellten Werte nicht verändert.

Die Meßgeräte erhalten entsprechend ausgebildete Steckeinrichtungen, damit sie an den Meßstellen eingefügt werden können, ohne daß Leitungsverbindungen herausgezogen zu werden brauchen.

Wie ein gegebenes Netz in der Nachbildung zusammengeschaltet werden kann, sei in einem Beispiel angedeutet. Die Knotenpunkte (Sammelschienen) des Netzes werden fortlaufend mit Buchstaben bezeichnet (Abb. 4, *A* bis *P*), die abgehenden Leitungen und Abzweige mit fortlaufenden Ziffern, und zwar bei jeder Sammelschiene wieder mit 1 beginnend. Entsprechend diesen Buchstaben und Ziffern werden in die Steckbuchsen einer Steckertafel der Netznachbildung (Abb. 5) die Zuleitungen zu den Widerständen, Drosselspulen, Maschinennachbildungen usw. eingesteckt. Jede Steckbuchsenreihe stellt einen Knotenpunkt (Sammelschiene) dar, jede Steckbuchse einen Abzweig. Durch Schalter an den Enden der Sammelschienen können erforderlichenfalls bei sehr vielen Abzweigen mehrere Steckbuchsenreihen miteinander verbunden werden (Abb. 5, Reihe *K*). Die Stromquellen und die Belastungen liegen zwischen der gemeinsamen Rückleitung *RL* und der entsprechenden Sammelschiene (Abb. 5, W_I bis W_{III} und B_1 bis B_4).

Die beschriebene Schaltung einer Netznachbildung ist sehr übersichtlich und enthält die gesamten Meßstellen auf einer kleinen Fläche zusammengedrängt, was die Durchmessung handlich macht. Versehen bei der Zusammenschaltung der Einheiten und bei der Durchmessung können bei der übersichtlichen Bezeichnung der Knoten-

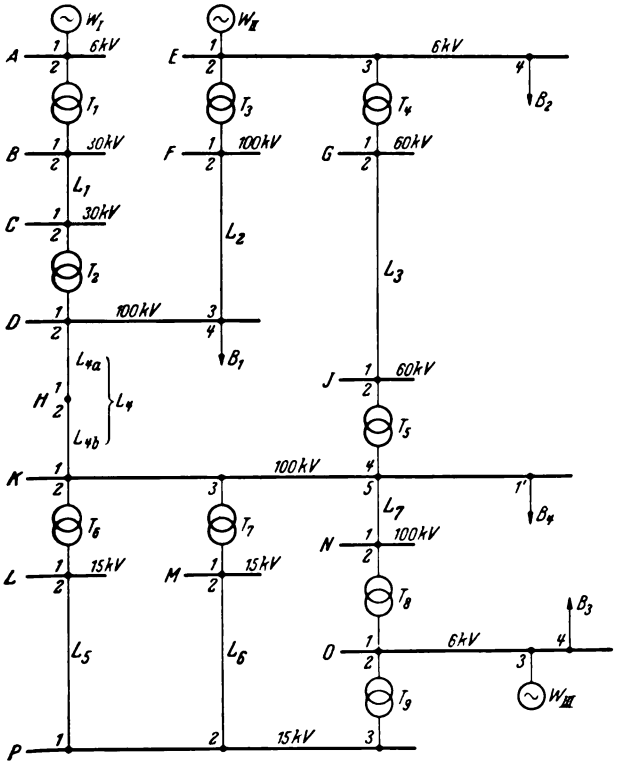
Digitized by Google

punkte und Abzweige kaum vorkommen. Bei der Wahl anderer Anordnungen muß jedenfalls auf diesen Gesichtspunkt größter Wert gelegt werden.

Verwendungsmöglichkeiten einer Wechselstrom-Netznachbildung.

Nach diesen kurzen Hinweisen auf einige Fragen des Aufbaues einer Wechselstrom-Netznachbildung soll nochmals ein Überblick über ihre Verwendungsmöglichkeiten gegeben werden.

1. Bestimmung der Wirk- und Blindleistungsverteilung
   a) in bestehenden Netzen für verschiedene Belastungszustände;
   b) in Netzen mit mehreren Kraftwerken zur Ermittlung der günstigsten Aufteilung der Wirk- und Blindbelastung auf die Kraftwerke;
   c) zur Festlegung der Größe und der günstigsten Anschlußstellen für Blindleistungsmaschinen oder Phasenschieberkondensatoren oder auch von Kompensationsdrosselspulen;



W_I bis W_{III} Kraftwerke — B_1 bis B_4 Belastungen
T_1 bis T_9 Umspanner — A bis P Sammelschienen
L_1 bis L_7 Leitungen — (Netz-Knotenpunkte)

Leitung L_4 ist im Punkt H unterteilt, um z. B. Kurzschluß in H genau untersuchen zu können.

Abb. 4. Schaltplan eines Netzes.

   d) für neu zu entwerfende Netze oder Netzerweiterungen;
   e) für vorübergehende Ausnahmebetriebszustände, z. B. bei größeren Störungen oder ausgedehnten Arbeiten im Netz.

2. Ermittlung der Spannungsverhältnisse für verschiedene Schaltungs-, Belastungs- und Speisezustände von Netzen.

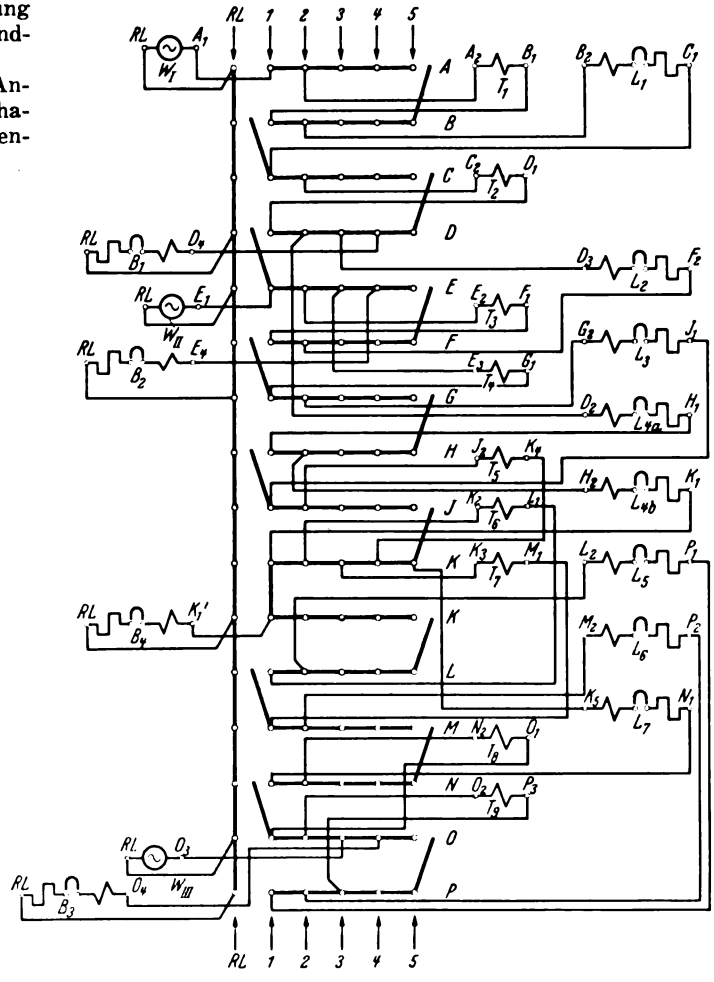
3. Festlegung der Leistungsfähigkeit und Grenzleistungen von Kraftübertragungen (statische Stabilität).

4. Untersuchung von Fragen des Parallelbetriebes und der dynamischen Stabilität von Kraftübertragungen. Diese Versuche können in einer Netznachbildung mit ruhenden Maschineneinheiten durch ein schrittweises Vorgehen durchgeführt werden, auf das hier nur hingewiesen werden soll[51]) [52]) [55]) [60]).

5. Ermittlung der Strom- und Spannungsverhältnisse eines Netzes bei ein- und mehrpoligen Kurzschlüssen (Stoß- und Dauerkurzschluß) und in Zusammenhang damit Schaffung von Unterlagen für die Auslegung und Einstellung von Stromwandlern und Relais für den Netzschutz. Bestimmung der Größe von Strombegrenzungsdrosseln und der erforderlichen Leistungsfähigkeit von Schaltern.

6. Nachbildung von Netzstörungen zu ihrer nachträglichen Aufklärung.

7. Untersuchungen über unsymmetrische Belastungszustände im Netz (Leistungsverteilung, Spannungsverhältnisse, Größe und Verteilung der überlagerten Einphasenlast in Drehstromnetzen). Diese Aufgaben sind mit einer einpoligen Netznachbildung nach dem Rechenverfahren mit symmetrischen Komponenten in mehreren verschiedenen Einstellungen der Widerstandsverhältnisse zu lösen.



W_I bis W_{III} Maschinennachbildungen — L_1 bis L_7 Leitungsnachbildungen
T_1 bis T_9 Umspannernachbildungen — B_1 bis B_4 Belastungsnachbildungen

Bei Knotenpunkt K sind wegen der großen Zahl der Abzweige zwei Sammelschienen zusammengeschaltet. Die Sammelschienen-Steckbuchsen müssen für Einschaltung der Meßgeräte besonders ausgebildet sein.

Abb. 5. Netznachbildung für das Netz der Abb. 4.

8. Bestimmung der Ersatzwiderstände bei Netzumbildungen (Sterne in Dreiecke und umgekehrt) durch Versuch. Ist für irgendeinen Zweck die Vereinfachung eines Netzes durch aufeinanderfolgende Umbildungen erforderlich, so sind Rechnungen bei komplexen Widerständen außerordentlich zeitraubend und die Möglichkeit, Fehler zu begehen, ist groß*). Diese Aufgabe kann mit den Wirk- und Blindwiderstands-Nachbildungen schnell und zuverlässig gelöst werden. Ebenso ist es möglich, zu Wider-

*) Rechenhilfsmittel hierfür siehe [2]) bis [5]).

Digitized by Google

ständen die Leitwerte oder für Reihen- und Parallelschaltungen die Ersatzwiderstände durch Versuch zu finden.

9. In einer amerikanischen Veröffentlichung[60]) wird darauf aufmerksam gemacht, daß man mit einer Wechselstrom-Netznachbildung auch mechanische Fragen lösen kann, wenn man nur die mechanischen durch entsprechende elektrische Größen ersetzt.

Bei Entwurfsarbeiten muß immer eine ganze Reihe verschieden liegender Belastungs- und Schaltzustände des betreffenden Netzes durchgerechnet werden, was durch den Versuch in einer Netznachbildung mit größerer Zuverlässigkeit und in einem kleinen Bruchteil der Zeit geschieht, die sonst für die Berechnung nötig ist. Oft unterbleiben auch bei Planungsarbeiten solche Rechnungen wegen ihrer Umständlichkeit und Schwierigkeit, was entsprechend höhere Sicherheitszuschläge und damit unter Umständen auch eine Verteuerung zur Folge hat. Bei Umstellungen oder längeren Arbeiten in Netzen kommt es vielfach vor, daß zunächst Berechnungen über die zu treffenden Maßnahmen zur Durchführung eines ordnungsgemäßen Betriebes gemacht werden müssen. Auch hier ist der Versuch in einer Netznachbildung einfacher und beweglicher.

Nicht zuletzt sei auf den großen Wert und die Bedeutung hingewiesen, die solche Wechselstrom-Netznachbildungen für Unterrichtszwecke haben. Können doch alle technischen Probleme des Baues und Betriebes elektrischer Netze in vollkommenster Weise damit untersucht und so dem technischen Nachwuchs diese teils recht schwierigen Fragengebiete in anschaulicher Weise nahegebracht werden. In Amerika hat man diese Möglichkeiten klar erkannt, wie z. B. die große Wechselstrom-Netznachbildung des Massachusetts Institute of Technology beweist[51]).

In Deutschland ist die Anschaffungsfrage für eine Wechselstrom-Netznachbildung meines Wissens erstmalig vor etwa 8 Jahren bei einem größeren Elektrizitätsversorgungsunternehmen eingehend erörtert worden, wobei Herr Prof. Matthias wertvolle Vorschläge für die Auslegung gemacht hat. Leider hat die Wirtschaftskrise den nahezu baufertig ausgearbeiteten Plan zunichte gemacht. Die Vorarbeiten hatten allerdings einen so erheblichen Kostenaufwand ergeben, daß für ein einzelnes Unternehmen die Anschaffung nur schwerlich zu rechtfertigen gewesen wäre.

Schrifttum.

A. Mechanische Hilfsmittel zur Netzberechnung.

[1]) J. Nowak, Maschine zum Berechnen elektrischer Leitungsnetze, ETZ 32 (1911) S. 973, 1006, Elektro-J. 9 (1929) S. 190.

[2]) A complexe quantity slide rule, J. Amer. Inst. electr. Engr. 44 (1925) S. 626.

[3]) O. Harrison, Mechanical device for calculating impedances, Electr. J. 30 (1933) S. 130.

[4]) E. C. Schurch, A graphical device for obtaining $\sqrt{a^2 + b^2}$, Electr. Engng. 52 (1933) S. 799.

[5]) D. Journeaux, A chart for complexe quantities, Electr. Engng. 53 (1934) S. 502.

[6]) Short circuit calculator, Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 48.

B. Leitungsnachbildungen.

[7]) Pupin, Beschreibung einer künstlichen Leitung mit gleichmäßig verteilten Einheiten, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 16 (1899) S. 93.

[8]) Aldrich und W. G. Redfield, Performance of an artifica forty-mile transmission-line, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 18 (1901) S. 339.

[9]) J. H. Cunningham, Design, construction and tests of an artifical transmission-line, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 30 (1911) S. 87, 245.

[10]) K. W. Wagner, Elektromagnetische Ausgleichvorgänge in Freileitungen und Kabeln. (Eine experimentelle Untersuchung.), ETZ 32 (1911) S. 899, 928, 947.

[11]) K. W. Wagner, Eine neue künstliche Leitung zur Untersuchung von Telegraphierströmen und Schaltvorgängen, ETZ 33, (1912) S. 1289.

[12]) A. Kennelly und Tabossi, Artifical power-transmission-line, Electr. Wld., N. Y., 59 (1912) S. 359.

[13]) A. Kennelly und F. W. Lieberknecht, Measurement of voltage and current over a long artifical power-transmission-line at 25 and 60 cycles per second, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 31 (1912) S. 1131 und Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 31 (1912) S. 805.

[14]) Magnusson und S. R. Burbank, An artifical transmission-line with adjustable line constants, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 35 (1916) S. 1137. Auszug in ETZ 39 (1918) S. 239.

[15]) G. H. Gray, Design, construction and tests of an artifical power-transmission-line for the Telluride Power Company of Provo (Utah), Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 36 (1917) S. 789 und Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 36 (1917) S. 713.

[16]) O. Nukiyama, A genera consideration of T- and Π-type artifical electric lines, J. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 946.

[17]) Dellenbaugh jr., Artifical transmission lines with distributed constants, J. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 1295.

[18]) N. Rohats, The oscillograph electric-transient analyzer, Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 146.

C. Gleichstrom-Netznachbildungen.

[19]) H. H. Dewey und W. W. Lewis, Short-circuit calculating table, Gen. electr. Rev. 19 (1916) S. 901.

[20]) J. Biermanns, Über den Schutz elektrischer Verteilungsanlagen gegen Überströme, ETZ 40 (1919) S. 648 (Netznachbildung S. 650).

[21]) W. W. Lewis, A new short-circuit calculating table, Gen. electr. Rev. 23 (1920) S. 669, Auszug in ETZ 42 (1921) S. 627, siehe auch

[22]) J. Biermanns, Überströme in Hochspannungsanlagen, Berlin: Springer 1926, S. 308.

[23]) J. Biermanns, Technische Probleme der Elektrizitäts-Großwirtschaft, ETZ 42 (1921) S. 25, 51 (Netznachbildung S. 81).

[24]) O. R. Schurig, Experimental determination of short-circuit currents in electric power networks, Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 605 und Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 10.

[25]) R. E. Doherty, G. M. Armbrust, O. R. Schurig, Aussprache zu 24), Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 652.

[26]) Smith, Short-circuit calculating board, Electr. Wld., N. Y., 84 (1924) S. 308.

[27]) Netztafel zur Anzeige von Kurzschlüssen, Auszug aus 26), ETZ 46 (1925) S. 1120, 1428.

[28]) R. C. Denny, Simulation of system short-circuit, Electr. Wld., N. Y., 84 (1924) S. 1211.

[29]) E. F. Pearson, System calculating board, Electr. Wld., N. Y., 85 (1925) S. 723.

[30]) R. D. Evans, Finding single-phase short-circuit currents on calculating boards, Electr. Wld., N. Y., 85 (1925) S. 760.

[31]) H. F. Zannger, Einige Angaben über eine Widerstandsschalttafel zur angenäherten Bestimmung von Kurzschlußstromstärken in Verteilungsnetzen, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 18 (1927) S. 713.

[32]) M. P. Osburn, The short-circuit calculating table, Electr. J. 27 (1930) S. 200.

[34]) H. Thoma, Grundgebühren und Zählertarife, Elektrotechn. u. Maschinenb. 48 (1930) S. 167 (Netznachbildung S. 169).

[35]) W. C. Hahn, Load studies on the direct-current calculating table, Gen. electr. Rev. 34 (1931) S. 444, 482.

[36]) C. W. Bohner und G. W. Vaughan, Phase faults analyzed on direct-current calculating board, Electr. Wld., N. Y., 97 (1931) S. 1068.

[37]) Calculating boards, Electr. J. 29 (1932) S. 386.

[38]) Short-circuit calculating table, Gen. electr. Rev. 35 (1932) S. 77.

[39]) E. Krohne, Betriebs- und Versuchsergebnisse mit den neuen Niederspannungs-Maschennetzen der Berliner Städt. Elektrizitätswerke AG., ETZ 53 (1932) S. 645, 720 (Netznachbildung S. 721.)

[40]) M. F. Cahen, Les courants de court-circuits dans les réseaux triphasés. Leurs détermination à l'aide d'une table de calcul électrique, Bull. Soc. franç. Electr., 5. Reihe, 2 (1932) S. 924.

[41]) Feistner, Überwachung der Erdschlußkompensierung im 100 kV-Netz der AG. Sächsische Werke, Elektr.-Wirtsch. 31 (1932) S. 415.

[42]) W. Koch und R. Völzing, Netzwiderstandsabbild z. Bestimmung der Stromverhältnisse in Netzen, Siemens-Z. 14 (1934) S. 197

[43]) H. Zwilling, Netzmodell für Dauer- und Stoßkurzschlußströme, Elektrotechn. u. Maschinenb. 52 (1934) S. 321.

D. Wechselstrom-Netznachbildungen.

[44]) O. R. Schurig, The solution of electric power transmission problems in the laboratory by miniature circuits, Gen. electr. Rev. 26 (1923) S. 611 s. a. Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 36 (1917) S. 713.

[45]) O. R. Schurig, A miniature alternating-current transmission system for the practical solution of network and transmission system problems, Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 1033 und Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 831.

[46]) G. M. Armbrust, V. Bush, O. R. Schurig, Aussprache zu 45), Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 42 (1923) S. 1347.

[47]) S. Bekku, Design construction and preliminary test of high voltage three-phase artifical transmission-line, Res. of Electrot. Labor. Tokyo (1924) Nr. 127, S. 475, Auszug Physikal. Ber. 8 (1927) S. 1282.

[48]) R. D. Evans und R. C. Bergvall, Experimental analysis of stability and power limitations, Proc. Amer. Inst. electr. Engr. 43 (1924) S. 329 und Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 43 (1924) S. 39.

[49]) H. H. Spencer und H. L. Hazen, Artifical representation of power systems, J. Amer. Inst. electr. Engr. 44 (1925) S. 24.

[50]) van Staveren, Determination des courants de court-circuits dans un réseaux à l'aide d'un modèle électrique, Sonderdruck über die Konferenz am 10. 10. 1928 der Union des Exploitations Electriques en Belgique (Bruxelles, Rue royale 154), Auszug Bull. Soc. franç. Electr. 9 (1929) S. 675 und ETZ 51 (1930) S. 908.

[51]) H. L. Hazen, O. R. Schurig und M. F. Gardner, The Massachusetts Institute of Technology network analyzer; design and application to power system problems, J. Amer. Inst. electr. Engr. 49 (1930) S. 872 und Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 49 (1930) S. 1102.

[52]) H. A. Travers und W. W. Parker, An alternating-current calculation board, Electr. J. 27 (1930) S. 266.

[53]) W. W. Parker, Representation of generators on an alternating-current calculating board, Electr. J. 27 (1930) S. 718.

[54]) Zu [53]), Taking the terror out of Kirchhoffs law (nur Abb.), Electr. Wld., N. Y., 100 (1932) S. 41.

[55]) F. R. Longley, The calculation of alternator swing curves; the step-by-step method, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 49 (1930) S. 1129.

[56]) Calculating-boards, Electr. J. 29 (1932) S. 386.

[57]) W. W. Parker, Measuring phase-angle quantities, Electr. J. 30 (1933) S. 187.

[58]) A.—c. calculating board in the Pennsylvania station (nur Abb.), Electr. Engng. 52 (1933) S. 928.

[59]) H. Grünewald, Berechnung dreiphasiger Dauerkurzschlüsse unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in verbundgespeisten Netzen, Diss. T. H. Berlin 1934.

[60]) E. L. Harder, Mechanical mind calculates intricate problems, men direct, Electr. J. 31 (1934) S. 117.

[61]) W. W. Parker, Power network problems solved with the a.—c. calculating board, Electr. J. 32 (1935) S. 227.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat zu § 89 e) von

VDE 0610/1935 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I."

eine Umstell-Vorschrift, sowie für das Normblatt

DIN VDE 9030 „Isolierrohre mit gefalztem Mantel aus Messing, Blech oder verbleitem Eisenblech"

eine Umstellnorm herausgegeben.

Die Umstell-Vorschrift zu § 89 e) erhält an Stelle des letzten Satzes folgenden Wortlaut:

„Das Bleigewicht muß mindestens 2,5 g/dm² sein."

In der Umstellnorm zu DIN VDE 9030 wird in der letzten Spalte der beiden Tafeln der Wert für die äußere Verbleiung auf mindestens 2,5 g/dm² festgesetzt.

Die Umstell-Vorschrift wurde im Oktober 1936 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 15. November 1936 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens.

Die Prüfstelle hat eine Zusammenstellung der von ihr ausgesprochenen Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens nach dem Stande vom 30. 9. 1936 angefertigt. Der Preis dieser Zusammenstellung beträgt 2 RM zuzüglich Versandgebühren. Die Versandgebühren belaufen sich für 1 bis 3 Stück der Zusammenstellung auf 0,40 RM (Postgebühr für Päckchen). Die Abgabe der Zusammenstellung erfolgt gegen Voreinsendung des in Frage kommenden Betrages auf das Postscheckkonto der VDE-Prüfstelle Berlin 894 06.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

A. o. Gauversammlung

am Dienstag, dem 17. November 1936, 20^{00}, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301.

Vortrag des Herrn Obering. A. Klüpfel, Berlin, über das Thema:

„Fortschritte im Turbogeneratorenbau".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Theoretische Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

12. 11. 1936 „Über Maßnahmen zur Flimmerbeseitigung in Gleich- und Wechselstrom-Beleuchtungsanlagen", Vortragender: Dr.-Ing. H. Anschütz VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.

13. 11. 1936 „Bauformen moderner Wasserkraftwerke", Vortragender: Oberingenieur O. Uitting.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.

16. 11. 1936 „Einige wichtige physikalische Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre", Vortragender: Dipl.-Ing. G. Kroker VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. K. Wagner.

17. 11. 1936 „Diskussion über: Papier als Dielektrikum".

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baumstr. a. D. Dr.-Ing. H. Kother VDE.

24. 11. 1936 „Aussprache über den Vortrag vom 3. 11. 1936: Aus der Geschichte der Elektrisierung von Bahnen." Die Teilnehmer werden gebeten, bis zum 17. 11. 1936 die in der Aussprache zu behandelnden Fragen stichwortartig durch Postkarte der Geschäftstelle des VDE Gau Berlin-Brandenburg bekanntzugeben, damit Lichtbilder, die den Aussprachestoff betreffen, zusammengestellt werden können.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

Gau Aachen. 19. 11. (Do), 20^{00}, T. H.: „Das überstromfreie Anlassen des Induktionsmotors ohne jeden Eingriff in den Motor selbst" (m. Lichtb.). Dir. K. Obermoser VDE.

Gau Danzig. 16. 11. (Mo), 20^{00}, T. H.: „Betriebserfahrungen mit Kathodenfallableitern" (m. Lichtb.). Dr. B. von Borries VDE.

Gau Hansa, Stützpunkt Bremen. 17. 11. (Di), 20^{15}, „Glocke": 1. „Kleinförderanlagen in gewerblichen und behördlichen Betrieben". Dipl.-Ing. H. Rjosk VDE. 2. Film: „Organisation der Nachrichtenmittel während der Olympiade 1936".

Gau Köln. 20. 11. (Fr), 20^{00}, Lese-Gesellschaft: „Das überstromfreie Anlassen des Induktionsmotors ohne jeden Eingriff in den Motor selbst". Dir. K. Obermoser VDE.

Gau Mittelbaden, Karlsruhe. 12. 11. (Do), 20^{15}, T. H.: „Die neuesten Fortschritte in der Kabeltechnik" (m. Film). Dr. Baumgart.

Gau Niederschlesien, Arbeitsgemeinschaft Jungingenieure, Breslau. 12. 11. (Do), 20^{00}, T. H.: „Anwendungsgebiete für Stromrichter". Dr.-Ing. Kübler VDE.

Gau Nordbayern, Nürnberg (gemeinsam mit NSBDT und RTA). 13. 11. (Fr), 20^{00}, Städt. Werke, Blumenstr. 16: „Die Schmalfilmtechnik im Dienste des Ingenieurs". Dipl.-Ing. H. Weßling.

Gau Südbaden, Freiburg i. B. 13. 11. (Fr), 20^{15}, Freiburger Hof: „Die Verwendung von Öl in Schaltanlagen und Schaltern". Dipl.-Ing. E. König VDE.

Gau Württemberg, Stuttgart. 12. 11. (Do), 20^{00}, Elektrotechn. Inst.: „Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen". Prof. Dr. Glocker.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Josef Liebl †. — Am 6. September d. J. verstarb im Alter von 43 Jahren an den Folgen eines Sportunfalles Herr Josef Liebl VDE, Oberingenieur und Handlungsbevollmächtigter der Sachsenwerk Licht- und Kraft-AG., Niedersedlitz bei Dresden. Seine praktische Laufbahn begann er als Projektierungs- und Montage-Ingenieur bei der Baugesellschaft Becker & Co. in Liegnitz. Im August 1914 rückte er als Kriegsfreiwilliger ein. Er kehrte nach Beendigung des Krieges wieder zur Firma Becker & Co., Liegnitz, zurück und trat 1922 zum Sachsenwerk über, wo er sich anfangs als Montage-Ingenieur und Bauleiter für Freileitungen, später als Gruppenführer der Schaltanlagenabteilung betätigte. Im Juli 1933 wurde er mit der Leitung der Vertriebsabteilung für Schaltanlagen und Hochspannungsapparate betraut, die er bis zu seinem viel zu frühen Hinscheiden rastlos, aufopfernd und mit bestem Erfolge führte. Seine Mitarbeiter verlieren in ihm einen aufrichtigen und allseitig beliebten Arbeitskameraden mit besten menschlichen Eigenschaften.

Hochschulnachrichten. — Herr Dr.-Ing. A. Leonhard VDE wurde am 1. August 1936 an die Technische Hochschule Stuttgart berufen zur Wahrnehmung der Professur für elektrische Anlagen. Er war seit 1923 in den Diensten der Siemens-Schuckertwerke AG., zuletzt als Oberingenieur in der Montageabteilung tätig. Herr Leonhard ist durch eine Reihe grundlegender Arbeiten auf dem Gebiete des Elektromaschinenbaues bekanntgeworden.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Die Technik selbsttätiger Steuerungen und Anlagen. Neuzeitliche schaltungstechnische Mittel und Verfahren, ihre Anwendung auf den Gebieten der Verriegelungen und der selbsttätigen Steuerungen. Von Dipl.-Ing. G. Meiners. Mit 144 Abb. u. 225 S. im Format 165 × 240 mm. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1936. Preis geb. 12,50 RM.

Seit etwa zehn Jahren wurden auf dem Gebiete der Schaltungstechnik sehr bemerkenswerte Fortschritte erzielt, die einerseits zur Ausbildung und Vervollkommnung der Netz- und Maschinen-Schutzsysteme führten, anderseits aber zur Entwicklung verschiedener selbsttätiger Anlagen dienten, die teils ganz ohne Bedienung arbeiten, teils ferngesteuert oder fernüberwacht werden, aber auch fallweise für den selbsttätigen Betrieb oder für den Handbetrieb eingerichtet werden können. Zahlreiche neu entwickelte Schalt- und Überwachungsgeräte, Relais verschiedener Bauweise und in ihren Eigenschaften oft sehr weitgehend durch interessante Schaltungsmaßnahmen beeinflußt, Hilfsgeräte, Schaltwalzen für die Erzwingung der richtigen Schaltfolge u. dgl. wurden nötig, um die sichere und möglichst einfache Betriebsführung zu ermöglichen. Das vorliegende Buch ist nun eine sehr wertvolle Einführung in dieses interessante und noch immer in der Entwicklung begriffene Gebiet; es ist auch deshalb sehr zu begrüßen, weil es didaktisch zweckmäßig abgefaßt ist und auch dem Studierenden und dem Jungingenieur den Weg in ein recht schwieriges und dem Anfänger nicht leicht verständliches Gebiet weisen wird. Nach einleitenden Erklärungen über die Aufgabe und den Zweck der selbsttätigen Steuerungen und der Fernsteuerungen wird ein sehr zweckmäßiger Leitfaden für das Verständnis, nämlich das Schaltfolgebild entwickelt und der Zusammenhang zwischen einer handbedienten und einer selbsttätigen Steuerungsanordnung erklärt; die dabei behandelten „passiven" Verriegelungen durch Abhängigkeitskontakte und „aktiven" Verriegelungen durch geeignete mechanische Hilfsmittel werden dem Studierenden, aber auch dem Fachmanne einen besonders wertvollen Einblick in die neuen Aufgaben vermitteln. Hinweise auf die Untersuchung und Behebung von Störungen ergänzen diesen Teil des Buches. Als besonders gelungen ist der Abschnitt über die grundsätzlichen Schaltanordnungen zu bezeichnen, denn sie lassen erkennen, wie auch schwierige Fragen mit geeigneten Relaisanordnungen, aber auch mit verwandten Einrichtungen aus dem Gebiete der Fernmeldetechnik erledigt werden können; es handelt sich eben um ein Grenzgebiet zwischen der Fernmeldetechnik und der Starkstromtechnik. Zu S. 54, Z. 3 und 4 von oben, Abb. 29 B, ist nur zu sagen, daß zuerst die Trennschalter 5 und 6 eingeschaltet werden müssen, bevor der Kuppelschalter IV eingeschaltet wird (vgl. auch S. 54, Z. 11 bis 6 von unten). Treffend sind die Bemerkungen auf S. 60 über die Prüfung auf Schleichstromkreise, sowie auf S. 62 bis 63 über das „Erinnerungsrelais", endlich auf S. 88 bis 90 über das Mehrstufenzeitrelais. Die Anpassung an die verschiedensten Anwendungen im Betriebe (Parallelschaltung von Maschinen, Stromrichteranlagen, Wasserkraftanlagen, Gleichrichterunterwerke, Spannungsregelung, Wiedereinschaltvorrichtungen usw.) wird an zahlreichen Beispielen gezeigt, so daß nicht nur der Studierende und der Jungingenieur in dieses wichtige neue Gebiet der Schaltungstechnik eindringen kann, sondern auch der Fachingenieur viele Anregungen aus dem Buche schöpfen wird. Das Buch, das zahlreiche deutliche Zeichnungen und gute Bilder enthält, aber auch in leicht lesbarer und wohlgeordneter Sprache geschrieben ist und den im Betriebe wohlerfahrenen Verfasser erkennen läßt, kann wärmstens empfohlen werden; es enthält auch wertvolle Schrifttumhinweise für ein eingehenderes Studium von Einzelheiten und Sonderausführungen, die sich in der Betriebspraxis bewährt haben. Druck und Ausstattung sind bei mäßigem Preise durchaus zu loben. R. Edler VDE.

Electrical Engineering in Radiology. A treatise on the nature and function of electrical equipment for x-ray work in medicine and industry. Von L. G. H. Sarsfield. Mit einem Vorwort von V. E. Pullin. Mit 199 Abb., XIII u. 284 S. im Format 145 × 225 mm. Verlag Chapman & Hall Ltd., London 1936. Preis geb. 25 s.

Die Arbeit stellt die erste umfassende Abhandlung über die elektrotechnischen Grundlagen der Röntgenologie dar und ist daher sehr zu begrüßen, denn die Röntgentechnik bildet heute bereits einen bedeutsamen Zweig der Elektrotechnik. Das Buch ist vom Standpunkt des Elektroingenieurs aus geschrieben und, wie der Verfasser selbst betont, in erster Linie für Ingenieure bestimmt, die mit dem Gegenstand nicht vertraut sind, darüber hinaus aber auch für Physiker und Mediziner als Anleitung bei der Auswahl und Zusammenstellung einer Röntgeneinrichtung und schließlich für Studierende der Technik geeignet. Auch für Patentingenieure dürfte es ein nützliches Nachschlagewerk sein. Der Verfasser zählt die Herstellerfirmen auf, denen er Unterlagen über Einzelheiten ihrer Erzeugnisse verdankt. Von deutschen Firmen werden Koch & Sterzel, Dresden, und die englische Vertretung der Siemens-Reiniger-Werke genannt.

Das Buch ist lebendig und anschaulich geschrieben und behandelt nach einem kurzen geschichtlichen Rückblick in einzelnen Abschnitten die Hochspannungstransformatoren, die Heizeinrichtungen für Glühkathoden, die Hochspannungsgleichrichtung, die Spannungsvervielfachung, die elektrische Messung und Prüfung, die Hochspannungsleitung, die Schalt- und Regeleinrichtungen sowie die Röntgenröhren. In einigen kürzeren Abschnitten werden vollständige Röntgenanlagen und ihre Pflege, einige Spezialgeräte und schließlich Fragen der elektrischen Sicherheit besprochen.

Die in der Röntgenentwicklungsabteilung in Woolwich selbst — wohl unter maßgeblicher Mitarbeit des Verfassers — entstandenen Röntgengeräte werden verständlicherweise besonders eingehend beschrieben. Im übrigen bemüht sich der Verfasser, allen an der Entwicklung der Röntgentechnik in der Welt Beteiligten gerecht zu werden. Die deutsche Röntgentechnik findet jedoch

Digitized by Google

nicht ganz die ihr gebührende Würdigung, was um so mehr zu bedauern ist, als es ein ähnliches Buch in deutscher Sprache bis heute nicht gibt. — Der Name „Röntgen" ist nur einmal in dem kurzen geschichtlichen Rückblick genannt, während sonst stets — wie allgemein in England üblich — nur von „X-Rays" und von „Radiology" die Rede ist, während z. B. in der V. S. Amerika in letzter Zeit mehr und mehr sich die Bezeichnungen „Roentgenrays" und „Roentgenology" einbürgern.

Diese hier im Interesse des Ansehens der deutschen Röntgentechnik getroffenen Feststellungen sollen jedoch die Anerkennung des im ganzen sehr wertvollen Buches nicht beeinträchtigen. Sie sollen nur Anregungen geben, die vielleicht bei einer neuen Auflage berücksichtigt werden können. Das große Verdienst des Verfassers, das erste einschlägige Werk im Schrifttum der ganzen Welt geschaffen und die infolgedessen sicher nicht gering einzuschätzende Mühe auf sich genommen zu haben, bleibt dadurch ungeschmälert. H. Graf VDE.

Über die Stromverhältnisse bei augenblicklich tödlichen elektrischen Unfällen. Von Ziviling. E. von Holstein-Rathlou. Mit 42 Abb. u. 71 S. im Format B 5. Aschehoug Dansk Forlag, Kopenhagen 1936.

Der Verfasser, Dozent an der Kgl. Technischen Hochschule, versucht auf Grund theoretischer Überlegungen nachzuweisen, daß bei elektrischen Unfällen der Tod die Folge elektrolytischer Vorgänge im Körper ist. Die kleinste tödliche Stromdosis ist hiernach nur von dem Produkt Stromstärke × Zeit abhängig. Er stellt die elektrolytische Wirkung der Strommenge auf das Zellensystem des menschlichen Organismus in den Vordergrund seiner Betrachtungen und besonders die Konzentrationsänderung an den Zellmembranen. Für Gleichstrom errechnet er die tödliche Mindestdosis zu 0,01 Coulomb, wobei der untere Grenzwert für den Faktor Strom sich zu etwa 100 mA errechnet, d. i. wesentlich unter der bisher für Gleichstrom angenommenen tödlichen Stromstärke. Nach Nernst tritt auch bei niederfrequentem Wechselstrom eine Änderung der Konzentration an den Zellmembranen auf, und der Verfasser schätzt die noch gefährliche Grenzfrequenz auf etwa 10^3 Hz. Den Schwellwert für die tödliche Wechselstrommenge gibt er mit 0,005 Coulomb an. Eine ausreichende Begründung, weshalb bei Gleichstrom die tödliche Dosis nach seiner Theorie größer als bei Wechselstrom sein muß, fehlt leider. Sein Vergleich aus der Statik der starren Körper mit statisch wechselnder Belastung erscheint mir nicht angängig. Der Verfasser betont selbst, daß ihm medizinische Kenntnisse fehlen, und das verleitete ihn wohl, den menschlichen Körper als etwas Homogenes aufzufassen. Er übersieht vollkommen, daß z. B. das Herz seine eigene Automatik, sein eigenes Reizzentrum hat, das durch verschiedene Stromstärken in ganz verschiedener Art beeinflußt wird. Die gegebenen Beispiele sind ebenfalls nicht recht überzeugend, besonders wenn es sich um einen Tod durch Herzschwäche fünf Tage nach der elektrischen Einwirkung handelt. Auch die Tatsache, daß bei höheren Stromstärken (etwa > 5 A) im allgemeinen primär der Tod durch die elektrische Einwirkung nicht eintritt, sondern der Überlebende mit schweren Verbrennungen, oft Verlust von Gliedmaßen, davonkommt, spricht gegen die aufgestellte Hypothese der Elektrolyse als Todesursache. Diese Tatsache glaubt der Verfasser auf den starken Reiz der Brandwunden als Wiederbelebungsmittel zurückführen zu müssen und empfiehlt deshalb auch zur Wiederbelebung kräftige Peitschenhiebe über den Rücken. Das ist durchaus abwegig und steht seiner Theorie entgegen, denn sollte der Tod durch elektrolytische Produkte hervorgerufen sein, so müßten diese bei höheren Stromstärken besonders groß sein und könnten nicht durch Schmerzen (Peitschenhiebe) beseitigt werden.

Der Verfasser unterzieht auch eine Reihe der von Prof. Jellinek in seinen Büchern angeführten Unfallbeispiele einer Kritik und zeigt, daß sie das Gegenteil von dem beweisen, was Jellinek angibt.

Trotzdem der Besprecher in der grundsätzlichen Auffassung nicht mit dem Verfasser einig sein kann, ist das Buch für jeden, der sich mit der Frage des elektrischen Todes befaßt, des Lesens wert. Es enthält wertvolle Hinweise für weitere Untersuchungen und betont die notwendige Zusammenarbeit von Techniker und Arzt.

K. Alvensleben VDE.

Die physikalischen Grundlagen der Rundfunktechnik. (In 4 Teilen.) Von F. Weichart. 3. Teil, 4. verbess. Aufl. Mit 111 Abb. u. 178 S. im Format B 6. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1936. Preis geh. 2,70 RM, geb. 3 RM.

Die schnelle Fortentwicklung der Rundfunktechnik sowie die wachsenden Vorkenntnisse und gleichzeitig steigenden Ansprüche der Leser haben den Verf. veranlaßt, den bisherigen dritten Teil seines Werkes stark zu erweitern und den Inhalt auf zwei Bändchen zu verteilen, von denen das vorliegende die gesamte Röhrentechnik behandelt. Die Vorzüge der früheren Auflagen sind dabei voll erhalten geblieben: der Stoff ist gut gegliedert, die Sprache klar und verständlich, die Abbildungen sind gut und reichlich. Als besonderen Vorteil muß man die vielen Zahlenbeispiele ansehen, die es dem Fernerstehenden erst ermöglichen, sich eine deutliche Vorstellung von den vorkommenden Größen zu bilden. Das Büchlein nimmt eine mittlere Stellung zwischen einer Einführung und den Werken von Barkhausen und Möller ein und kann daher jedem, der tiefer in den Stoff eindringen will, sehr empfohlen werden. Karl Mühlbrett VDE.

Fernsehen in praktischen Versuchen. Unter Mitarb. v. G. Büscher, Studienrat W. Möller u. Ing. H. Richter herausg. v. H. Günther. 1. u. 2. Lieferung. Mit zus. 103 Abb. u. 64 S. im Format B 5. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1935. Preis geh. je 1,20 RM.

In 6 Heften von insgesamt rund 200 Seiten will der Verf. seine Leser in das Gebiet des Fernsehens einführen und eine Anleitung zum Selbstbau eines Fernsehempfängers geben. Er geht dabei einen neuen und sicher sehr guten Weg: Er läßt den Leser eine große Anzahl von Versuchen selbst ausführen. Das erste Heft enthält in klarer volkstümlicher Darstellung und durch gute Bilder unterstützt die Abschnitte: Utopie und Wirklichkeit; warum man nur auf ultrakurzen Wellen fernsehen kann; die Entwicklung des Fernsehens in 90 Daten; die Grundbegriffe; Oktik usw. Das zweite Heft behandelt in gleicher Weise die Abschnitte: Spiegelrad, Spiegelscheibe, Spiegelkranz; wie man das Licht in elektrische Ströme verwandelt; die Glimmlampe und das Thyratron. Das Werk macht einen guten Eindruck, ein abschließendes Urteil ist erst nach dem Erscheinen des Schlusses möglich.

Karl Mühlbrett VDE.

Gewerblicher Rechtsschutz. Patentgesetz, Gebrauchsmustergesetz, Warenzeichengesetz, Gesetz über die patentamtlichen Gebühren vom 5. Mai 1936. Textausgabe mit Einleitung, amtlicher Begründung, Verweisungen und Sachregister. Herausg. v. Ministerialrat Dr. rer. pol. Dr. jur. G. Wilke. Mit 160 S. im Format 115 × 160 mm. Verlag Franz Vahlen, Berlin 1936. Preis geb. 1,85 RM.

Das Buch ist kein Kommentar, es bringt lediglich den Wortlaut der am 5. Mai 1936 verkündeten neuen Gesetze auf dem Gebiete des gewerblichen Rechtsschutzes, über die bereits in der ETZ 57 (1936) H. 25, S. 715 ein kurzer Überblick gegeben wurde. Zur Erleichterung des Verständnisses ist den einzelnen Paragraphen der Gesetze die amtliche Begründung beigefügt. Der Wert des Buches besteht darin, daß es in geschlossener, leicht übersichtlicher Form den gesamten vom 1. 10. 1936 ab gültigen Stand des gewerblichen Rechtsschutzes vor Augen führt.

K. Kahle VDE.

Lehrbuch zur Vorbereitung für die Ablegung der Gesellen- und Meisterprüfung im Elektro-Installateur-Handwerk. Im Auftr. d. Reichsinnungsverbandes des Elektro-Installateur-Handwerks verfaßt v. F. Bode. 17. Aufl. Mit 352 Abb. u. 467 S. im Format B 6. Selbstverlag des Reichsinnungsverbandes des Elektro-Installateur-Handwerks, Frankfurt a. M. 1936. Preis geb. 4,80 RM.

Das bekannte Lehrbuch ist in der vorliegenden 17. Auflage entsprechend den in der Zwischenzeit geänderten Vorschriften, insbesondere auch in Übereinstimmung mit den Anordnungen der Überwachungsstelle für unedle Metalle ergänzt und verändert worden. Wir finden Belastungs- und Durchhangstabellen für Aluminiumleitungen neu angegeben, träge Schmelzsicherungen und Motorschutzschalter zusätzlich behandelt und das Kapitel Rundfunktechnik wesentlich verbessert. K. Krohne VDE.

Digitized by Google

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Gesetz über die Befähigung zum höheren bautechnischen Verwaltungsdienst vom 16. Juli 1936 mit Ausführungsbestimmungen. Aufsatz in der Beilage zu Heft 33 Bd. 56 (1936) des Zentralblattes der Bauverwaltung. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin. Preis der Beilage 1,80 RM, mit Heft zus. 2,60 RM.

[In einem dem Gesetz voraufgehenden Aufsatz von Ministerialrat W. Paxmann ist die Notwendigkeit des Gesetzes dargelegt. Für das nunmehr errichtete Reichsprüfungsamt für höhere bautechnische Verwaltungsbeamte mit dem Sitz in Berlin gliedern sich die Ausbildungs- und Prüfungsvorschriften nach fünf Fachrichtungen: 1. Hochbau, Städtebau, Wohnungs- und Siedlungswesen, 2. Wasser-, Kultur- und Straßenbau sowie Maschinen- und Schiffbau der Reichswasserstraßenverwaltung, 3. Eisenbahn- und Straßenbau, 4. Maschinenbau (einschl. Elektrotechnik), 5. Heerestechnik. Die Berufs- und Amtsbezeichnung ist nach Ablegung der Diplomprüfung an einer T. H. im sich anschließenden Ausbildungsdienst Regierungsbaureferendar und nach Ablegung der Großen Staatsprüfung Bauassessor. Letzterer wird Regierungsbauassessor, wenn er in das Beamtenverhältnis übernommen wird. In dem Aufsatz werden Richtlinien für den Ausbildungsdienst als Referendar gegeben.] *Pge.*

Erdöl. Von K. Krejci-Graf. (Verständliche Wissenschaft Bd. 28.) Mit 30 Abb., VIII u. 164 S. im Format 125 × 190 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geb. 4,80 RM.

[Krejci-Graf, ein erfahrener Fachmann auf dem Gebiet der Erdölgewinnung und Förderung, gibt unter Verwendung seiner umfangreichen praktischen Erfahrungen eine Übersicht über die Entstehung des Erdöls, die Bildung und Gestaltung der heutigen Lagerstätten. Da die Meinungen hierüber z. T. noch auseinandergehen, wird versucht, durch schrittweise Darstellung, Herausarbeitung des Wahrscheinlichsten und unter Anwendung von Analogieschlüssen eine Klärung der verschiedenen Annahmen zu geben. Die behandelten Fragen dürften gerade heute besonderes Interesse finden, da ja die ausreichende Versorgung mit motorischen Treibstoffen eine Lebensnotwendigkeit ist. Die Krejci-Grafsche Arbeit dürfte deshalb auch sehr viel Wertvolles für diejenigen enthalten, die sich eingehend mit diesem Fachgebiet beschäftigen wollen.] *Nn*

Schweißtechnik II. Sonderheft. Herausg. v. Verein deutscher Ingenieure. Mit 275 Abb., 27 Zahlentafeln u. 67 S. im Format A 4. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 4,50 RM.

[Das Sonderheft wendet sich in erster Linie an den Nichtfachmann. Es gibt eine gedrängte Übersicht über die zeitgemäßen Fragen und behandelt den gegenwärtigen Stand und die zukünftige Entwicklung der Schweißtechnik knapp und treffend. Die Beiträge bekannter Fachleute zeugen von gründlicher Kenntnis des Stoffes. Die Abbildungen sind klar und zweckmäßig gewählt. An Einzelheiten Kritik zu üben, würde den Rahmen dieser Besprechung sprengen. Es sei nur erwähnt, daß das Metallspritzen mit dem Schweißen eigentlich nichts zu tun hat, und daß, wenn es behandelt wird, erfolgreiche Verfahren nicht übergangen werden dürfen. — Das Sonderheft kann allen, die sich über das Schweißen als die z. Z. wichtigste Verbindung von Metallen unterrichten wollen, zur eingehenden Durchsicht empfohlen werden.] *J. C. F.*

Die jüngste Energie und ihre Sendung. Geschichte und Wesen der Elektrizität und ihre Bedeutung für Volk und Wirtschaft. Von Dr.-Ing. H. F. Mueller. Mit 15 Abb. u. 84 S. im Format A 5. Verlag für Sozialpolitik, Wirtschaft und Statistik G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 0,75 RM.

Die Röhre, ihre Arbeitsweise und Verwendung. Von Dr. F. Fehse u. O. P. Herrnkind. 3. verbess. Aufl. (Dt. Radio-Bücherei Bd. 55.) Mit 129 Abb., 16 Tab. u. 178 S. im Format 140 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1936. Preis kart. 3,20 RM, geb. 4,40 RM.

Fernschaltung und Fernbedienung des Rundfunk-Empfängers. Von Ing. K. Nentwig. (Dt. Radio-Bücherei Bd. 74.) Mit 17 Abb. u. 34 S. im Format 140 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1936. Preis kart. 1,20 RM.

Durchdringung der Industrie mit Elektrizität. Vortrag von Dr.-Ing. E. h. R. Bingel. Mit zahlr. Abb. u. 32 S. im Format A 5. Verlag für Sozialpolitik, Wirtschaft und Statistik G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 1 RM.

Die Aufgaben der deutschen Elektrizitätswirtschaft. Von A. Koepchen. Mit 7 Abb. u. 24 S. im Format A 5. Verlag für Sopialpolitik, Wirtschaft und Statistik G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 0,80 RM.

Eingegangene Doktordissertationen.

Karl Eichhorn. Spannungsoptische Untersuchungen der piezoelektrisch erzwungenen Biegungsschwingungen von Quarzstäben. T. H. Berlin 1936.

Hans Fleischer. Die Anlauferscheinung an führenden Rädern von Gleisfahrzeugen bei Einpunktberührung. T. H. Aachen 1936.

Rolf Lempelius. Untersuchung des Schweißvorganges beim Doppel-Punktschweißen. T. H. Berlin 1935.

Hans Joachim Lindner. Fertigungskosten (insbesondere Brandkostenverrechnung) und Fertigungsvorbereitung bei der Hartporzellan-Herstellung für elektrotechnische Zwecke. T. H. München 1936.

Neue Zeitschriften.

Philips' Technische Rundschau. Schriftleitung Forschungslaboratorium der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven. 1. Jg. (1936), Hefte 1 bis 4 (Jan. bis April). Erscheint monatlich. Zu beziehen durch die Verwaltung des Laboratoriums der N. V. Philips' Gloeilampen-Fabrieken, Kastanjelaan, Eindhoven (Holland).

[Die deutschsprachige Hauszeitschrift der Philipswerke „will dem Ingenieur aus dem Arbeitsgebiet der Philips diejenigen Daten und Kenntnisse vermitteln, die er brauchen kann oder wissenswert findet". Die Schriftleitung will sich bemühen, klare, leichtverständliche Aufsätze ohne überflüssige Formeln zu bringen. Die bisher vorliegenden, drucktechnisch einwandfrei ausgestatteten Hefte, die auch einige einführende Aufsätze über Einzelgebiete enthalten, entsprechen dem ebengenannten Grundsatz recht gut.] *Wr*

Listen und Drucksachen.

Schweizer Wasserkraftwerke und ihre Verbindungsleitungen. Karte im Format 126 × 185 cm. Zu beziehen durch das Sekretariat des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, Zürich, St.-Peter-Straße 10.

[Den Untergrund der im Maßstab 1 : 200 000 ausgeführten Karte bildet eine topographische Karte, auf der sämtliche 200 Wasserkraftzentralen mit einer Leistung von 300 kW und mehr eingetragen sind, eingeteilt in drei Größenklassen. Ferner enthält die Karte das Netz der elektrischen Verbindungsleitungen und Ausfuhrleitungen mit den Unterwerken und Umspannstationen. Die Netze der einzelnen Unternehmen sind durch Farben unterschieden. An den Leitungen sind Besitzer, Anzahl, Spannung, Querschnitt und Baustoff der Leiter angegeben. Die Karte vermittelt ein eindrucksvolles Bild über den Ausbau der schweizerischen Wasserkraftwerke und ihren elektrischen Zusammenschluß.] *Hs*

Veranstaltungen anderer Vereine.

Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 20. 11. (Fr), 19^{30}, Neues Phys. Inst., Charlottenburg. Kurfürstenallee 20: „Elektrische Entwicklungen für Kathodenstrahl-Fernseh-Abtaster" (m. Vorführ.). R. Urtel.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955-56.

Abschluß des Heftes: 6. November 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 19. November 1936 | Heft 47

Ein neuer Präzisions-Frequenzschreiber.

Von Wilhelm Geyger VDE, Berlin.

621. 317. 761. 087

Übersicht. Eine neue, mit sehr großer Genauigkeit (± 0,02 %) arbeitende Frequenzmeßeinrichtung wird beschrieben, bei der eine frequenzempfindliche Kompensationsschaltung durch ein als Wechselstromkompensator wirkendes Doppelspulinstrument selbsttätig abgeglichen wird. Die in Betracht kommenden Einflußgrößen werden eingehend behandelt, und es wird ein am BEWAG-Netz aufgenommenes Frequenzdiagramm beigefügt.

Einleitung.

Bei der Betriebsüberwachung von Kraftwerken ist es erwünscht, die Frequenzschwankungen des Wechselstromnetzes naturgetreu aufzuzeichnen, um die Arbeitsweise der auf das Netz einwirkenden Regeleinrichtungen überblicken und die Einflüsse von Belastungsänderungen feststellen zu können[1]). Wenn es sich um sehr gut geregelte Netze handelt, muß dabei der Skalenbereich des Frequenzschreibers möglichst eng ausgelegt werden, um eine übersichtliche und genaue Aufzeichnung zu erreichen. Die im folgenden beschriebene, vom Verfasser entwickelte Frequenzmeßeinrichtung[2]) erfüllt diese Aufgabe und zeichnet sich, da sie auf einem Kompensationsverfahren beruht, durch eine besonders große Meßgenauigkeit aus; sie bietet außerdem die Möglichkeit, den Meßbereich in einfacher Weise den jeweils vorliegenden Betriebsverhältnissen anzupassen, was in manchen Fällen (z. B. bei der Durchführung von Versuchen) nützlich sein kann.

Meßprinzip.

Abb. 1 zeigt Aufbau und Schaltung des als Kompensations-Tintenschreiber verwendeten Doppelspulinstrumentes[3]). In dem aus den lamellierten Eisenkörpern gebildeten homogenen Luftspalt sind zwei koaxial gewickelte, den inneren Eisenkörper K_2 umschließende Drehspulen S_1, S_2 beweglich angeordnet. Die Stromzuführung zu S_1 und S_2 geschieht durch drei dünne, praktisch richtkraftfreie Metallbändchen, so daß auf die Drehspulen keine mechanische Richtkraft ausgeübt wird. Die in den beiden Nuten des äußeren Eisenkörpers K_1 eingebettete Erregerwicklung S_F ist über den Isoliertransformator T und über einen induktiv ausgebildeten Vorwiderstand R, L mit der zu untersuchenden Wechselspannung U verbunden und wird vom Strom I_F durchflossen, so daß im homogenen Luftspalt ein radial verlaufendes und dem Strom I_F proportionales magnetisches Feld entsteht. Die frequenzempfindliche Brückenschaltung $R_1C_1R_2C_2R_3R_4$, die sich an die Wien-Robinson-Brücke[4]) anlehnt, liegt am Vorwiderstand R, L, so daß in ihr ein dem Gesamtstrom I_F proportionaler Teilstrom I_B fließt. Die Widerstände R_1, R_2, R_3, R_4 und die Kapazitäten C_1, C_2 sind so bemessen, daß für die Nennfrequenz f_0 die Diagonalspannung U_D gleich Null ist:

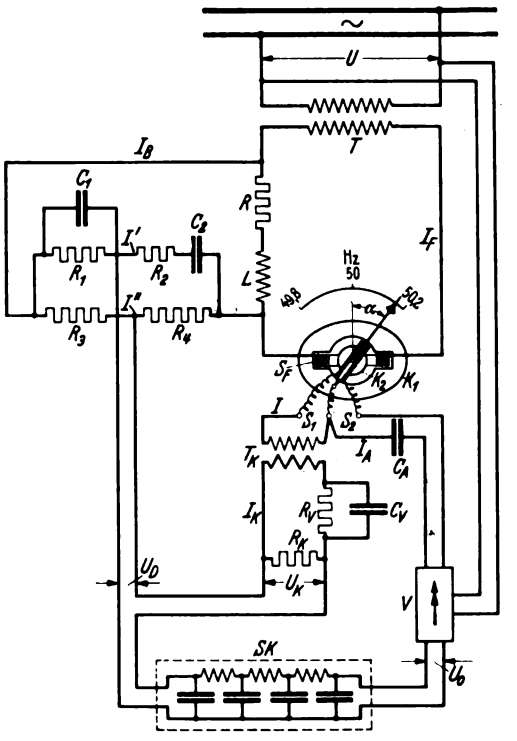


Abb. 1. Präzisions-Frequenzschreiber, bei dem eine frequenzempfindliche Kompensationsschaltung durch ein als Wechselstromkompensator arbeitendes Doppelspulinstrument selbsttätig abgeglichen wird.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_4}{R_3} - \frac{R_2}{R_1}, \qquad (1)$$

$$(2\pi f_0)^2 = \omega_0^2 = \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}. \qquad (2)$$

Bei einer von f_0 abweichenden Frequenz f tritt dann eine Diagonalspannung U_D auf, die in bezug auf Größe und Richtung der jeweiligen Frequenzabweichung $\Delta f = f_0 - f$

[1]) Zusammenfassende Darstellung über Zeigerfrequenzmesser: W. Geyger, Arch. techn. Messen (August 1935) Blatt V 3612-3.

[2]) DRP. angemeldet.

[3]) G. Keinath, Die Technik elektrischer Meßgeräte Bd. 1, S. 21 bis 22 und S. 357 bis 359, München: R. Oldenbourg, 1928; vgl. auch: H. Kafka, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 3 (1924) S. 144 bis 158 und Elektrotechn. u. Maschinenb. 42 (1924) S. 1 bis 5; E. Blamberg, Arch. techn. Messen, (Januar 1933) Blatt J 743-1.

[4]) M. Wien, Ann. Physik 44 (1891) S. 689 bis 712; C. Robinson, Post Office electr. Engr. J. 16 (1923) S. 171; vgl. auch: J. Krönert, Meßbrücken und Kompensatoren Bd. I, S. 174 bis 175, München: R. Oldenbourg, 1935.

Digitized by Google

entspricht. Diese Spannung wird selbsttätig kompensiert durch den mit ihr phasengleichen und stetig regelbaren Spannungsabfall U_K, der vom Strom I_K an dem festen Widerstand R_K hervorgerufen wird. Die Kompensationsspannung U_K ist dem von I_F in der Drehspulwicklung S_1 induzierten Strom I und somit dem Ablenkwinkel α der Drehspule aus ihrer Mittellage verhältnisgleich:

$$U_K = \text{konst.} \cdot \alpha. \tag{3}$$

Die an dem Isoliertransformator T_K liegende Spannungsteilerschaltung $R_K R_V C_V$ ermöglicht, das Verhältnis zwischen der in S_1 induzierten Spannung (Größenordnung 1 V) und der Kompensationsspannung U_K (Größenordnung 10 bis 100 mV) auf eine dem jeweiligen Frequenzmeßbereich entsprechende Größe zu bringen (Meßbereicheinstellung) und diejenigen Teile, an denen die Spannung U_K abgenommen wird, von den übrigen Teilen der Meßanordnung zu isolieren.

Es kommt nun darauf an, die Drehspulwicklung S_1 so einzustellen, d. h. den Ablenkwinkel α so zu wählen, daß der Spannungsabfall $U_K = I_K R_K$ die Diagonalspannung $U_K = \text{konst.} \cdot \Delta f$ kompensiert:

$$I_K R_K = \text{konst.} \cdot \alpha = \text{konst.} \cdot \Delta f. \tag{4}$$

Diese Einstellung erfolgt selbsttätig durch die Wirkung der Drehspulwicklung S_2, die mit dem Kondensator C_A hintereinander geschaltet und über den wechselstromgespeisten Röhrenverstärker V nebst Siebkette SK mit dem Kompensationskreis (Nullzweig) verbunden ist, so daß sie von dem der Eingangspannung $U_0 = U_K - U_D$ proportionalen Ausgangstrom I_A durchflossen wird. Durch das Einfügen der dreigliedrigen Siebkette SK in den Nullzweig wird erreicht, daß nur die Grundwellen der gegeneinander geschalteten Spannungen U_D, U_K auf den Röhrenverstärker V und auf die Drehspulwicklung S_2 einwirken, während die Oberwellen dieser Spannungen bzw. der zu untersuchenden Spannung U die Messung nicht beeinflussen. Die Phasenlage des Ausgangstromes I_A wird so gewählt, daß die Einstellung von S_1 stets im Sinn der angestrebten Kompensationseinstellung ($U_K = U_D$) erfolgt. Die Drehspule $S_1 S_2$ ist über einen Ellipsenlenker[5]) mit der Schreibfeder verbunden, so daß eine fortlaufende Aufzeichnung der Frequenz ermöglicht wird. Ein Überschwingen oder Pendeln der Schreibfeder tritt nicht auf, wenn eine kräftig wirkende (Magnet-) Dämpfung vorgesehen wird. Die Einstellzeit beträgt etwa 0,5 s.

In den Abb. 2 bis 4 sind die Diagramme der Ströme und Spannungen für den als Beispiel angenommenen Fall dargestellt, daß die frequenzempfindliche Brückenschaltung $R_1 C_1 R_2 C_2 R_3 R_4$ gleicharmig ausgebildet ist:

$$R_1 = \frac{1}{\omega_0 C_1} = 2 \cdot R_2 = 2 \cdot \frac{1}{\omega_0 C_2}, \tag{5}$$

$$R_3 = R_4. \tag{6}$$

Bei den dem Meßbereich 49,5 bis 50,5 Hz entsprechenden Frequenzänderungen ($\Delta f = \pm 1\,\%$) gilt

$$\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_1}\right)^2 + (\omega C_1)^2}} = \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2}, \tag{7}$$

da diese beiden Ausdrücke in gleichem Maße (um $\pm 0{,}5\,\%$) mit der Frequenz zu- bzw. abnehmen. Aus den Abb. 2 bis 4 geht hervor, daß bei der Nennfrequenz $f_0 = 50$ Hz die Spannungen der Brückenzweige *1* bis *4* phasengleich sind ($U_D = 0$), und daß bei Frequenzänderungen die Phasenabweichungen ε_1 und ε_2 auftreten ($\varepsilon_1 = \varepsilon_2$), die eine auf den Spannungen $I'' R_3$ und $I'' R_4$ senkrecht stehende, der jeweiligen Frequenzabweichung Δf proportionale Diagonalspannung $U_D = I'' R_3 \operatorname{tg} \varepsilon_1 = I'' R_4 \operatorname{tg} \varepsilon_2$ hervorrufen. Die Phasenverschiebung φ zwischen dem Strom I' und der Spannung I'' ($R_3 + R_4$) bleibt im ganzen Meßbereich konstant:

Phasenwinkel φ_1 zwischen dem Strom I' und der Spannung

$$I' \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_1}\right)^2 + (\omega C_1)^2}} = 45° \pm \varepsilon_1,$$

Phasenwinkel φ_2 zwischen dem Strom I' und der Spannung

$$I' \cdot \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2} = 45° \mp \varepsilon_2;$$

Phasenwinkel $\varphi = (\varphi_1 + \varphi_2)/2 = \text{konst.} = 45°$. Bei $\Delta f = \pm 1\,\%$ ist $\operatorname{tg} \varepsilon_1 = \operatorname{tg} \varepsilon_2 = 0{,}005$, d. h. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \pm 17{,}2$ min.

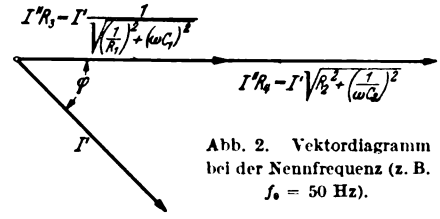


Abb. 2. Vektordiagramm bei der Nennfrequenz (z. B. $f_0 = 50$ Hz).

Die zur Kompensation der Diagonalspannung U_D dienende, stetig regelbare Spannung U_K soll mit U_D phasengleich sein. Dies kann durch geeignete Wahl der Induktivität L und der Kapazität C_V erreicht werden. Die Kompensationsspannung U_K ist gleich Null, wenn die Drehspulwicklung S_1 in ihrer Mittellage steht, und andernfalls dem jeweiligen Ausschlagwinkel α proportional.

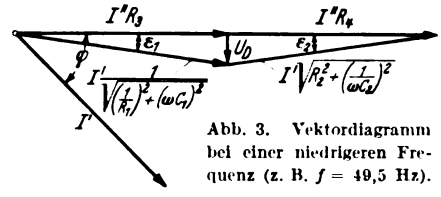


Abb. 3. Vektordiagramm bei einer niedrigeren Frequenz (z. B. $f = 49{,}5$ Hz).

Bei Stromlosigkeit des Nullzweiges ($U_K = U_D$) gilt:

$$\alpha = \text{konst.} \cdot U_K = \text{konst.} \cdot \Delta f. \tag{8}$$

In diesem Fall sind Eingangspannung U_0 und Ausgangstrom I_A gleich Null, und es wird auf die Drehspulwicklung S_2 kein Drehmoment ausgeübt. Wenn nun eine Frequenzänderung und infolgedessen eine ihr verhältnisgleiche Eingangspannung $U_0 = U_K - U_D$ auftritt, so ruft der Ausgangstrom I_A ein dieser Frequenzänderung proportionales, auf S_2 einwirkendes Drehmoment hervor.

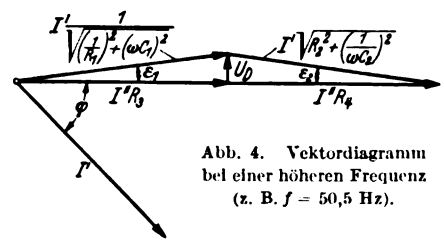


Abb. 4. Vektordiagramm bei einer höheren Frequenz (z. B. $f = 50{,}5$ Hz).

Durch günstige Bemessung der Kapazität C_A wird die Phase des Stromes I_A derart eingestellt, daß das Doppelspulinstrument ein möglichst großes Drehmoment entwickelt, d. h. derart, daß I_A mit dem magnetischen Feld im Luftspalt phasengleich ist. Die Richtung (das Vorzeichen) des Stromes I_A wird so gewählt, daß die Drehspule sich im Sinn der angestrebten Kompensationseinstellung ($U_K = U_D$) bewegt. Dabei ist das jeweilige Drehmoment der jeweiligen Abweichung vom Kompensationszustand proportional. Die Einstellzeit der Schreibfeder

[5]) G. Kelnath, wie Fußnote 3, S. 384 bis 385.

Digitized by Google

beträgt, wie bereits erwähnt, nur etwa 0,5 s. Es läßt sich dabei, je nach der Stärke der benutzten Dämpfungsmittel, jeder gewünschte Dämpfungsgrad erreichen. Die Zeigerbewegung dieses Kompensations-Tintenschreibers erfolgt — im Gegensatz zu den mit Fallbügelanordnungen arbeitenden Kompensations-Frequenzschreibern[6]) — genau wie bei gewöhnlichen Ausschlaginstrumenten.

Eigenschaften der Meßanordnung.

Das beschriebene Meßprinzip ermöglicht die Schaffung eines Präzisions-Frequenzschreibers mit den im folgenden gekennzeichneten, besonders vorteilhaften Eigenschaften.

1. Spannungseinfluß. Da die beiden gegeneinander geschalteten Spannungen U_D und U_K vom gleichen Strom (I_F) erzeugt werden, und da die zum Aufbau der Meßschaltung benutzten Widerstände und Kapazitäten spannungsunabhängig sind, ist die Kompensationseinstellung von Schwankungen der zu untersuchenden Spannung U grundsätzlich unabhängig. Ein besonderer Vorzug dieser Meßschaltung liegt darin, daß Änderungen des induktiven Widerstandes R, L und der das Verhältnis I_F/U_K bestimmenden Faktoren nur als Fehlergrößen zweiter Ordnung in die Messung eingehen. Wenn sich beispielsweise das Übersetzungsverhältnis des kleinen Spannungswandlers T_K um den verhältnismäßig großen Betrag von ± 1 % ändern würde, so müßte der Ablenkungswinkel α ebenfalls um ± 1 % geändert werden, um zwecks Erhaltung des Kompensationszustandes ($U_K = U_D$) die Spannung U_K wieder auf die zur Kompensation erforderliche Größe zu bringen. Diese Änderung von α um ± 1 % würde dann bei dem Meßbereich 49,5 bis 50,5 Hz einer maximalen Fehlweisung von ± 0,5 % des Skalenumfanges (d. h. ± 0,005 Hz) entsprechen. Da aber das Übersetzungsverhältnis von T_K auf mindestens ± 0,1 % konstant bleibt, so können sich diese Änderungen praktisch überhaupt nicht bemerkbar machen.

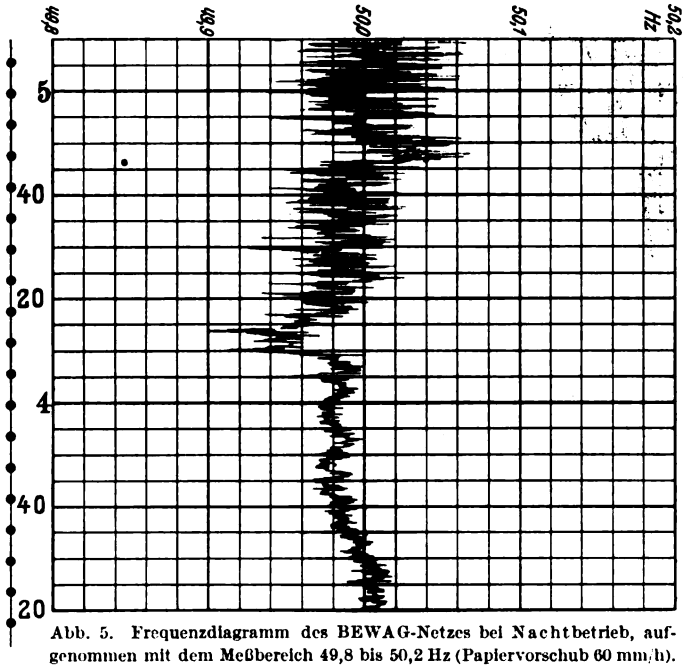


Abb. 5. Frequenzdiagramm des BEWAG-Netzes bei Nachtbetrieb, aufgenommen mit dem Meßbereich 49,8 bis 50,2 Hz (Papiervorschub 60 mm/h).

2. Wellenformeinfluß. Durch die Wirkung der in den Nullzweig eingefügten dreigliedrigen Siebkette SK werden die in den Spannungen U_D und U_K enthaltenen Oberwellen von dem durch den Röhrenverstärker und das Doppelspulinstrument gebildeten Nullindikator ferngehalten. Infolgedessen haben auch sehr starke Wellenformverzerrungen der Spannung U keinen praktisch merkbaren Einfluß. Mit einer Wellenmischmaschine (mehrere starr gekuppelte und hintereinander geschaltete Generatoren für die Frezuenzen f, $3f$, $5f$, $7f$) durchgeführte Versuche haben ergeben, daß man eine dritte, fünfte und siebente Oberwelle im Betrag von 100 % der Grundwelle mit beliebiger Phasenlage zur Grundwelle auf den Frequenzmesser schalten kann, ohne daß eine Beeinflussung der Schreibfedereinstellung zu bemerken wäre. Wenn man die Oberwellengeneratoren allein (ohne den Grundwellengenerator) mit der vollen Nennspannung (120 V) an das Gerät legte, so blieb die Schreibfeder im ganzen Meßbereich, d. h. am Anfang, in der Mitte und am Ende der Skala, stehen, ein Beweis dafür, daß auch beim Vorhandensein von außerordentlich starken Oberwellen (100 % der Grundwelle) ein zusätzliches Störmoment nicht auftritt und die Messung einwandfrei bleibt.

3. Temperatureinfluß. Die in der frequenzempfindlichen Brückenschaltung enthaltenen Widerstände R_1 bis R_4 bleiben, da sie aus Manganindraht hergestellt und sorgfältig gealtert werden, auf mindestens ± 0,01 % konstant. Für C_1 und C_3 werden am besten die neuen keramischen Kondensatoren[7]) verwendet, die entweder in Platten oder Röhrchen ausgeführt werden. Bei solchen Kondensatoren ist es infolge der genauen Reproduzierbarkeit der Temperaturkennlinien und deren vollkommenen Proportionalität leicht möglich, durch Parallelschalten von zwei Kondensatoren mit entgegengesetzt gerichteten Temperaturkoeffizienten eine sehr gute Temperaturkompensation zu erzielen. Schaltet man zwei Kondensatoren C' und C'' mit verschiedenen Temperaturkoeffizienten und verschiedener Kapazität parallel, so ist deren Kapazitätsänderung gegeben durch

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\frac{\Delta C' \cdot C''}{C'} + \frac{\Delta C'' \cdot C'}{C''}}{C' + C''}. \qquad (9)$$

Soll die Änderung der Kapazität C mit der Temperatur gleich Null werden, so muß dafür gesorgt werden, daß

$$\frac{\Delta C' \cdot C''}{C'} = -\frac{\Delta C'' \cdot C'}{C''} \qquad (10)$$

ist. Bei Anwendung einer derartigen Temperaturkompensation läßt sich erreichen, daß C_1 und C_2 auf etwa 0,001 % konstant bleiben.

4. Fremdfeldeinfluß. Selbstverständlich muß durch geeignete Leitungsverlegung (verdrillte Leitungen) innerhalb der Meßschaltung gewährleistet werden, daß äußere magnetische Wechselfelder in der Kompensationsschaltung keine Störspannungen induzieren können. Da die frequenzempfindliche Brückenschaltung keinerlei Spulenanordnungen, sondern nur Kapazitäten und bifilar gewickelte Widerstände enthält, so kann eine störende Beeinflussung dieser Teile durch Fremdfelder nicht stattfinden. Die Siebkette SK und der Röhrenverstärker V werden durch sorgfältige magnetische Abschirmung gegen Streufeldeinflüsse geschützt. Bezüglich des Doppelspulinstrumentes ist zu bemerken, daß die geschlossene Form des Eisenkörpers einen sehr guten Schutz gegen Streufeldeinflüsse gewährleistet.

5. Eigenschaften des Röhrenverstärkers. Der Röhrenverstärker (ein Gleichrichterrohr für Netzanschluß, zwei Verstärkerröhren) ist bei einer Eingangspannung U_0 von 50 mV voll ausgesteuert und erzeugt hierbei einen Ausgangsstrom I_A von etwa 50 mA

[6]) Vgl. z. B. G. Keinath, wie Fußnote 3, Bd. 1, S. 376 bis 379, und Bd. 2, S. 133; W. Geyger, wie Fußnote 1, Abb. 18.

[7]) H. Handrek, Z. Hochfrequenztechn. 43 (1934), S. 73.

Digitized by Google

(Ausgangsleistung etwa 1 W). Die Eigenschaften des Verstärkers (Kennlinien, Verstärkungsfaktor usw.) und die betriebsmäßigen Schwankungen der den Verstärker speisenden Wechselspannung U haben, da es sich um ein reines Nullverfahren handelt, grundsätzlich keinen Einfluß auf das Meßergebnis; sie beeinflussen lediglich das Drehmoment des Doppelspulinstrumentes, das hier etwa 20 gcm beträgt. Das Instrument kann daher ohne weiteres mit Kontaktvorrichtungen (Maximal- und Minimalkontakte zur Betätigung optischer oder akustischer Signalanordnungen) ausgerüstet und in manchen Fällen als hochempfindliches Frequenzrelais benutzt werden.

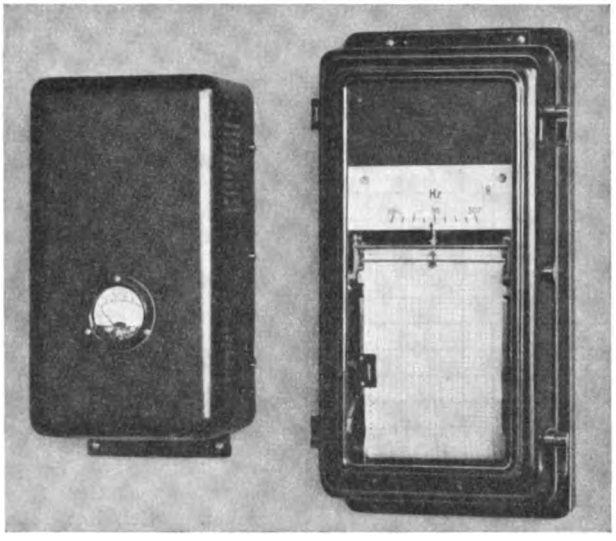


Abb. 6. Ausführungsform des Präzisions-Frequenzschreibers.

6. Skalenverlauf, Skalenumfang und Meßgenauigkeit. Der Skalenverlauf ist linear, der Skalenumfang kann durch Ändern des Widerstandes R_K in einfacher Weise den jeweiligen Betriebsverhältnissen angepaßt werden. Im allgemeinen wird man die Skalenbereiche 49 bis 51 Hz oder 49,5 bis 50,5 Hz vorsehen, doch ist es auch ohne weiteres möglich, die Empfindlichkeit so weit zu steigern, daß beispielsweise die ganze Skala bzw. der ganze Schreibstreifen nur $^4/_{10}$ Perioden umfaßt (49,8 bis 50,2 Hz). Abb. 5 zeigt als Beispiel ein Frequenzdiagramm (BEWAG-Netz), das mit der beschriebenen Meßeinrichtung bei dieser hohen Empfindlichkeit aufgenommen wurde (Papiervorschub 60 mm/h).

Die Meßgenauigkeit des neuen Frequenzschreibers ist sehr groß. Unter Berücksichtigung aller Einflußgrößen ergibt sich im ungünstigsten Fall ein Gesamtfehler von etwa $^1/_{100}$ Hz, was bei der Nennfrequenz 50 Hz einer Toleranz von $\pm$ 0,02 % entspricht.

7. Eichung des Frequenzschreibers. Die Eichung wird am besten in der Weise ausgeführt, daß die Drehspule beim Einhalten der Nennfrequenz $f_0 = 50$ Hz in ihre Mittellage ($\alpha = 0$), d. h. auf die der Skalen- bzw. Schreibstreifenmitte entsprechende Stelle, einspielt. Hierauf werden die Widerstände R_1, R_2 um den in Betracht kommenden Frequenzänderungen entsprechende Beträge nach Gl. (2) geändert, wobei die Nennfrequenz genau einzuhalten ist. Anschließend wird die Skala unter Zugrundelegung der so ermittelten Eichpunkte linear geteilt. Dieses Verfahren hat den Vorzug, daß bei der Eichung nur eine einzige Frequenz konstant gehalten werden muß.

8. Ausführungsform. Abb. 6 zeigt die vollständige Frequenzmeßeinrichtung, die aus einem gewöhnlichen Tintenschreiber mit Doppelspul-Meßwerk und einem Röhrenverstärker besteht. Die frequenzempfindliche Kompensationsschaltung und die im Nullzweig liegende Siebkette sind in dem Gehäuse des Tintenschreibers untergebracht. In den Ausgangsstromkreis des Verstärkers ist ein durch eine Öffnung des Gehäusedeckels sichtbarer Strommesser eingeschaltet, der den Ausgangstrom I_A bzw. die Eingangspannung U_0 und somit den Kompensationszustand zu überwachen gestattet.

Zusammenfassung.

Die Einrichtung ermöglicht, die Frequenzschwankungen des Wechselstromnetzes mit Tintenschrift fortlaufend aufzuzeichnen, den Meßbereich in einfacher Weise den jeweils vorliegenden Betriebsverhältnissen anzupassen und (bei sehr gut geregelten Netzen) mit außerordentlich engen Skalenbereichen (z. B. 49,8 bis 50,2 Hz) zu arbeiten.

Elektrotechnische Aufzeichnungen von einer Studienreise nach dem Osten der Vereinigten Staaten von Amerika.

621. 3 (7)

Vorbemerkung. Der Verfasser berichtete in einer Folge von Aufsätzen im Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins*) über seine Studienreise. Der vorliegende Bericht ist ein Auszug daraus. In wahlloser Zusammenstellung wird über einzelne interessante Beobachtungen erzählt, die nicht wissenschaftlich sein wollen und die auch nicht verallgemeinert werden dürfen.

I. Schaltanlagen.

Beim Bau der Schaltanlagen wird nach möglichst großer Betriebssicherheit getrachtet. Die meisten Anlagen weisen zwei oder noch mehr vollständige Systeme mit Sammelschienen, Trennern und Schaltern auf. Im Kraftwerk East River in New York hat man eine umfangreiche Prüfanlage eingebaut, die erlaubt, jeden beliebigen Anlageteil der 60periodigen Spannungsprüfung, einer Hochfrequenzprüfung oder einer Sprungwellenprüfung zu unterziehen. Solche fest eingebaute Prüfanlagen sollen künftig in allen größeren Kraftwerken aufgestellt werden.

Der Aufbau der Schaltanlagen wird wesentlich durch die Schutzmaßnahmen beeinflußt. Die Hauptgrundsätze sind: 1. Trennung der Phasen zur Vermeidung der Kurzschlüsse und 2. Verschalung aller Hochspannung führenden Teile. Sind die drei Phasen wie in hiesigen Anlagen dicht nebeneinander, so werden sie durch Zwischenwände streng getrennt. Jede Zelle ist mit einer Tür (Holz oder Eternit) verschlossen. Im Kraftwerk Edgar Plant in Boston ist jeder Phase ein besonderes Stockwerk vorbehalten. Sämtliche Trenner- und Schalterantriebe liegen auf einem eigenen vierten Stockwerk und sind so ganz außerhalb des Bereiches der Hochspannung. In dieser Anlage sind die Sammelschienen kabelartig isoliert.

All die Verschalungen und Türen geben den Schaltanlagen ein uns ungewohntes Gepräge und machen sie äußerst unübersichtlich. Man versteht deshalb, daß die Freiluftanlagen mit ihrer geradezu idealen Übersichtlichkeit sich namentlich in den V. S. Amerika so großer Beliebtheit erfreuen. Abb. 1 zeigt den Blick in eine nach neuesten Gesichtspunkten gebaute Schaltanlage des Kraftwerkes Safe Harbor am Susquehanna River. Alle Türen sind mit Yale-Schlössern verriegelt, derart, daß die Tür-

*) Siehe Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 227, 253, 294, 428.

Digitized by Google

bedienung nur in zwangläufiger Reihenfolge geschehen kann. Das geschieht so, daß beim Öffnen einer Tür der eingesteckte Schlüssel blockiert und dafür ein anderer freigegeben wird. In Safe Harbor sind mehrere Zehntausend solcher Schlösser vorhanden. Die Kosten für dieses Verriegelungssystem beliefen sich auf etwa 1 % der Baukosten. Ein Teil dieser Kosten wird in irgendeiner Form durch die Versicherungsgesellschaften übernommen, sei es unmittelbar oder durch Prämienermäßigungen.

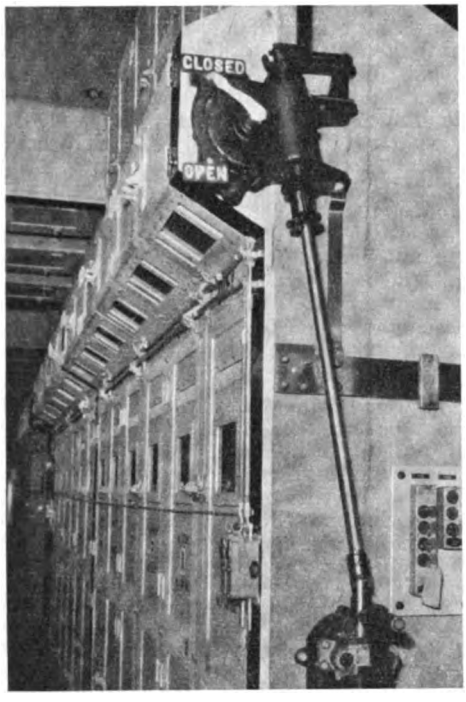


Abb. 1. Blick in die 13,5 kV-Schaltanlage im Kraftwerk Safe Harbor. Bedienungsgang für Trenner, rechts Yale-Schlösser.

Um zu verhindern, daß eine unter Spannung stehende Leitung versehentlich geerdet werde, haben die Boston-Elevated in ihrem Dampfkraftwerk Lincoln eine besondere Erdungsschiene vorgesehen. Die zu erdende Leitung wird mit Hilfe eines Umtrenners an diese Erdungsschiene geschaltet. Die Erdung selbst geschieht mit einem Ölschalter, der nur eingelegt werden kann, wenn die Schienen spannungslos sind. Einfacher und billiger ist die Einrichtung, die man zum gleichen Zweck in den Anlagen der New York Edison Company verwendet. Vor der Erdung einer Leitung hat der Schaltwärter die zu erdende Leitung mit einer Prüfstange zu berühren. Ist die Leitung noch unter Spannung, so schmilzt eine in der Prüfstange eingebaute Sicherung, wobei ein Pfeifensignal ertönt. Vor jedem Gebrauch wird der Warnstromkreis geprüft durch Berühren eines Prüfkontaktes, wobei eine Prüflampe aufleuchten muß.

Als letztes über Schutzmaßnahmen seien die eher humoristisch klingenden Bekleidungsvorschriften erwähnt, die man in Boston für den die Freiluftanlage bedienenden Wärter aufgestellt hat. Er muß bei jeder Trenner- oder Schalterbedienung folgendes anziehen: 1. Lederhut mit Asbestfütterung, 2. Lederjoppe, ebenfalls mit Asbestfutter, 3. Gummihandschuhe mit Lederüberzug.

So vorsichtig und fast ängstlich der Amerikaner Hochspannungsanlagen baut und teilweise auch betreibt, so unvorsichtig und unbekümmert benimmt er sich gegenüber Niederspannung. Niederspannungsleitungen mit bis 440 V Wechselstrom (für Eigenbedarf u. dgl.) werden oft blank verlegt, und sogar auf den Schaltpulten sind offene Messerschalter üblich.

Als Eigentümlichkeit sei noch eine Einzelheit aus dem Unterwerk Washington-Ave in Philadelphia erwähnt. Da die abgehenden 13 kV-Linien sehr verschieden belastet sind, wird die Spannung jeder Leitung gesondert geregelt. Dabei ist man sogar so weit gegangen, in je zwei Polleiter jeder Leitung getrennt gesteuerte und selbsttätig wirkende Induktionsregler einzubauen. Die ungleiche Belastung der Phasen rührt daher, daß auch in Hochspannungsnetzen sehr häufig einphasige Anschlüsse vorkommen (Transformatoren).

Der Schalterbau hat eine wesentlich andere Entwicklung genommen als in Europa. Bis vor kurzem waren wohl die an die Schalter gestellten Ansprüche geringer, da der Einbau von Strombegrenzungsdrosseln sehr verbreitet ist. Noch in neueren Anlagen trifft man einfache Topfschalter, die meist zu zweien in Reihe geschaltet sind. Sonst aber überwiegen die auch bei uns gebräuchlichen Ein- und Dreikesselölschalter (meist mit Löschkammern). Öllose Schalter wurden vor etwa 8 bis 9 Jahren entwickelt, setzten sich aber infolge verwickelter Bauart nicht durch, so daß heute in den ganzen Staaten nur einige wenige Anlagen mit solchen ausgerüstet sind, und den meisten Werksleitern sind brauchbare öllose Schalter überhaupt unbekannt.

Der erste grobe Gesamteindruck ist der, daß die amerikanischen Schaltanlagen meist mit viel Aufwand erstellt werden. Das ist um so überraschender, als man bei uns unter „amerikanischer" Art gerne etwas versteht, was auf das unbedingt Notwendige und Zweckmäßige beschränkt ist.

II. Leitungen.

Das Nebeneinander von Altem und Neuem fällt besonders bei den Niederspannungsleitungen auf. Noch in manchen Städten trifft man im Stadtkern ausgedehnte Freileitungsnetze, die für unsere Begriffe ganz ungenießbar sind (Abb. 2). Die Leiter sind isoliert, damit dicht

Abb. 2. Niederspannungsfreileitungen und Stangentransformatorenstation im Stadtinnern von Toronto.

an Häusern vorbei und durch Baumkronen hindurch gefahren werden kann. Es soll üblich und möglich gewesen sein, solche Netze nach Stürmen, die manchmal ganze Leitungszüge umlegten, trotzdem tagelang im Betrieb zu halten. Jetzt sterben diese dickdrähtigen Freileitungen aus, da man mehr und mehr zur Verkabelung schreitet.

Hochspannungleitungen bis etwa 50 kV Spannung sind vorwiegend auf Holzmasten verlegt. Die Leiter liegen in einer Waagerechten. Oft ist der Nulleiter nachgezogen, und zahlreiche kleinere Transformatoren werden einphasig an diesen und einen Außenleiter angeschlossen. Er-

Digitized by Google

wähnenswert ist noch ein in Kanada verbreitetes Imprägnierungsverfahren für Holzmasten. An der Austrittsstelle aus dem Boden erhalten die Stangen einen Betonkragen, der oben eine Rinne besitzt. In diese wird von Zeit zu Zeit (etwa alle drei Jahre) Kreosot eingefüllt und die Rinne oben mit einem Teerstrick verschlossen. Die Lebensdauer der Masten soll so von etwa 15 auf 25 Jahre erhöht werden können.

Die neuzeitlichen und sehr zahlreichen Höchstspannungsleitungen sind fast durchweg im Weitspannsystem gebaut, verhältnismäßig sehr hoch isoliert, mit Schutzarmaturen versehen und ausnahmslos mit einem oder mehreren Erdseilen ausgerüstet. Viele Leitungen sind zum Studium der Überspannungsfragen mit den in Deutschland entwickelten Blitzstäbchen, versehen. Statt dieser werden vereinzelt auch Funkenstrecken in die Erdleitungen eingebaut. Beim Stromdurchgang wird ein zwischen den Elektroden befindliches Papier durchschlagen. Die Größe des entstehenden Loches dient als Maß für die Stromstärke. Beide Meßverfahren ergaben Blitz- bzw. Mastströme bis etwa 80 000 A. — Bei Kabelleitungen war mir folgendes neu. Wo große zu übertragende Leistungen Leiterquerschnitte erheischen, die nicht mehr in einem einzigen Kabel vereinigt werden können, werden bekanntlich drei Einleiterkabel nebeneinander verlegt. Um die bei dieser Anordnung unvermeidlichen Bleimantelströme und -spannungen auf unschädlich kleine Werte zu beschränken, wird der Bleimantel in kurze Teilstücke unterteilt, die durch Porzellanringe gegeneinander isoliert sind. Die Mitten der Teilstrecken werden geerdet, wodurch die Spannungen auf etwa 12 V, die Ströme auf etwa 200 A begrenzt werden. Die so verlegten Kabel erhalten über dem Bleimantel eine Asphaltbandage und zu äußerst einen Zementstrich.

III. Anwendungen der Elektrizität im Haushalt.

a) Küche. Die Amerikanerin ist gewöhnt, von allen Arbeit sparenden Einrichtungen Gebrauch zu machen. Man trifft daher im amerikanischen Haushalt manches, was bei uns noch nicht Eingang gefunden hat oder sogar nie finden wird. Bei den Kochherden, die im allgemeinen noch zu den Luxusgeräten gerechnet werden, sind die früher üblichen offenen Heizwendeln größtenteils verschwunden. Die jetzt verbreitetste Platte besteht aus zwei schneckenartig ineinander verschlungenen Heizelementen. Der Heizdraht selbst steckt in einer Isolierstoffumpressung, die ihrerseits in einem dünnwandigen Stahlrohr untergebracht ist. Eine andere neue Bauart weist eine Kreisplatte und zwei ringförmige Platten auf, die in ihrem Aufbau den bei uns üblichen Platten ähnlich sind. Jeder Teil der Platte kann für sich oder zusammen mit den andern geheizt werden. So hat man auf einfache Weise die für kleine Gerichte (z. B. Eierspeisen) beliebte kleine Kochstelle. Die verfügbare Heizleistung bewegt sich zwischen 4,7 und 5,5 W/cm². Die höchste Plattenleistung beträgt meist 2000 W.

Neben dem Backofen enthalten viele Kochherde noch einen Wärmeschrank und oft einen Selbstkocher, der drei sektorförmige Kochtöpfe für drei verschiedene Gerichte aufnehmen kann. Die Herde sind mit einer Reihe, mitunter auch spielerisch anmutenden Nebeneinrichtungen versehen, wie Zeitschalter für das Ein- und Ausschalten entweder einer Kochplatte oder des Backofens, Temperaturregler für den Backofen (auch in Verbindung mit dem Zeitschalter), Herdbeleuchtung, Backofeninnenbeleuchtung, Backofenthermometer. Leider gibt es auch viel Kitsch, z. B. Kochherde, bei denen alles hinter Deckeln und Türen versteckt werden kann, so daß das geschlossene „Möbel" dank seinem Holzmaseranstrich etwa wie eine Louis XV.-Kommode aussieht. Stark verbreitet scheinen auch Herde mit zwei Energiequellen: Strom und Gas oder Strom und Kohle.

Warmwassergeräte sind verhältnismäßig selten, was zum guten Teil mit den Tarifen zusammenhängt. Die American Gas & Electric Comp. hat eine beachtenswerte, auch in Deutschland bekannte[1]) Bauart eingeführt. Der Wassererhitzer besitzt zwei Heizkörper, von denen der untere, mit kleiner Leistung, für die normale Nachtaufheizung dient. Ist der Warmwasservorrat erschöpft, so kann durch willkürliche Einschaltung des oberen, stärkeren Heizkörpers in kürzester Zeit eine kleine Menge Warmwasser zubereitet werden.

Kühlschränke sind sehr stark verbreitet. Die neuesten und kleinsten Ausführungen sind so wohlfeil, daß sie auch im kleinen Haushalt Eingang finden können. Neben andern, auch bei uns bekannten Geräten gibt es drüben vielerlei Küchenmaschinen und einen recht einfachen und handlichen Eierschwinger. Auch Geschirrspülmaschinen sind auf dem Markt, aber sie sind so teuer, daß nur Großbetriebe als Abnehmer in Betracht kommen.

b) Waschen und Bügeln. Waschmaschinen gibt es in unzähligen Bauarten, die aber fast alle auch hier bekannt sind. Interessant sind dagegen die Neuerungen, die bei den Bügeleisen eingeführt werden und die in Deutschland auch bekannt sind. Die neuen Eisen sind bedeutend leichter (1½ kg statt 3 kg) und arbeiten dafür mit höheren Temperaturen (Heizleistung 1000 W statt früher etwa 450 W). Das Bügeln soll weniger anstrengend sein, und trotz der höheren Temperatur soll die Wäsche nicht verbrannt werden. — Außer den Bügelmaschinen mit walzenförmigem Heizkörper ist eine Maschine mit flachem Heizkörper neu auf dem Markt. Sie kann für mehr Arbeiten gebraucht werden und behandelt die Wäsche schonender (die Knöpfe werden weniger gefährdet als beim mangenartigen Betrieb).

Eine neue Wärmeanwendung stellen die meistens elektrisch geheizten Wärmeschränke dar, die zum Trocknen der Wäsche dienen. Ihr Zweck ist, die Wäsche möglichst in einem Tag und unabhängig vom Wetter trocknen zu können. Der Wärmeschrank, der sowohl für den kleinen Haushalt wie für Pensionen und Hotels gedacht ist, kann auch zum Trocknen von Kleidern verwendet werden. Ferner soll es möglich sein, durch eine Warmluftbehandlung von etwa 30 min Dauer Wollsachen und Pelze zu entmotten.

c) Verschiedenes. Von kleinen Geräten sind noch zu nennen: Kaffee- und Teekocher, Eierkocher, Brotröster (Toaster) für den Tisch; dann für die Körperpflege: Brennscheren, Haartrockner, Vibratoren und Rasierspiegel. Bei den Reinigungsgeräten sind neben Staubsaugern die Bohner stark verbreitet. Doch bieten all diese Gegenstände grundsätzlich nichts Neues. Interessant ist, daß die bei den amerikanischen Netzen üblich gewordene genaue Regelung der Frequenz zu einer raschen und ausgedehnten Anwendung der Synchronuhren geführt hat.

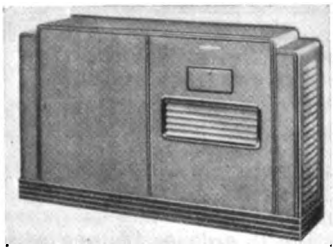


Abb. 3. Raumkühler, gebrauchsfertig.

Als neues Gerät taucht der elektrische Raumkühler auf, der gewissermaßen das Gegenstück zum Strahlerheizkörper ist. Es ist dies ein schrankartiges Möbel, in welchem ein Kühlsatz mit einem Lüfter eingebaut ist (Abb. 3). Das Gerät, das einen Wasseranschluß benötigt, dient zur Kühlung einzelner Wohnzimmer und Büros. In Amerika sind solche Raumkühler während der oft sehr heißen Sommer eine Notwendigkeit. Wo noch höhere Ansprüche an das Raumklima gestellt werden, begnügt man sich nicht mit der bloßen Ergänzung der Raumheizung durch eine Raumkühlung, sondern regelt die Luftverhältnisse grundlegend (d. h. selbsttätige Regelung durch Heizung oder Kühlung, Regelung der Feuchtigkeit durch Trocknen oder Befeuchten und Reinigen der Luft). „Air-Conditioning" ist in Amerika zum Schlagwort und zum Reklameschlager geworden. Nicht nur Theater und Kinos, sondern auch Warenhäuser, ganze Bürogebäude, ja sogar Eisenbahnwagen und Straßenbahnwagen werden künstlich belüftet.

IV. Aufzüge und Krananlagen.

Etwas vom Interessanstesten und für amerikanische Verhältnisse Wichtigsten sind die Aufzüge. Ihre große Bedeutung kann man sich am ehesten vorstellen beim Anblick all der Wolkenkratzer. Jedes Gebäude besitzt eine

[1]) Fr. Mörtzsch, ETZ 56 (1935) S. 206.

Digitized by Google

Vielzahl von Aufzügen. Auf 6 Stockwerke entfällt mindestens ein Aufzug. Meistens sind 6 bis 10 Fahrstühle zu einer Gruppe örtlich vereinigt. Alle Fahrstühle einer solchen Gruppe bedienen die gleichen Stockwerke, also z. B.

Gruppe I, Fahrstuhl 1 bis 6 für Erdgeschoß und die Stockwerke 1 bis 20,

Gruppe II, Fahrstuhl 7 bis 12 für Erdgeschoß und die Stockwerke 21 bis 40,

Gruppe III, Fahrstuhl 13 bis 18 für Erdgeschoß und die Stockwerke 41 bis 60

usw.

Alle Aufzüge sind von einer Bedienungsperson begleitet. Jeder Aufzug durchläuft immer die ganze ihm zugewiesene Strecke, unabhängig davon, ob Fahrgäste da sind oder nicht. Es herrscht daher ein Verkehr ähnlich wie bei einer Straßenbahn, nur mit dem Unterschied, daß jeder Wagen sein eigenes Gleis hat. In großen Geschäftshäusern wird jede Aufzugsgruppe im Erdgeschoß von einem Starter überwacht. Er sorgt dafür, daß die Wagen in regelmäßigen Zeitabständen abfahren. Umfangreiche Lichtsignalanlagen zeigen ihm Standort und Bewegungsrichtung jedes einzelnen Fahrstuhles an.

Die Kabineneinrichtung besteht bei den neuen Anlagen aus einem Türschalter, mit dem der Fahrer die Türschließbewegung einleitet, und einer Druckknopfplatte. Jedes Stockwerk besitzt in jeder Kabine seinen besonderen Druckknopf, und der Fahrer hat nur alle diejenigen Knöpfe niederzudrücken, wo Fahrgäste aussteigen wollen. Der Fahrstuhl hält dann von selbst an allen diesen Stockwerken (Aussteigende), aber auch überall dort, wo jemand einsteigen will und dies durch Betätigen eines in allen Stockwerken vorhandenen Tasters kundgetan hat. Diese Stockwerktaster wirken selbsttätig nur auf diejenige Kabine, die als nächste das rufende Stockwerk durchfahren wird. Die allerneuesten Aufzüge sind mit einem Stockwerkanzeiger versehen, der auf einem Zahlenband die Nummer des jeweils durchlaufenen Bodens aufleuchten läßt. Die Fahrstuhltür öffnet sich bei jedem Halt selbsttätig. Der Fahrer hat somit nur die Tür zu schließen, die Druckknöpfe zu betätigen und die Stockwerke zu melden.

Selbstverständlich arbeiten diese Fahrstühle ausnahmslos mit selbsttätiger Verlangsamung und Feineinstellung. Im Rockefeller Center sind die Fahrstühle zwecks Verhütung von Unfällen mit einer Türverriegelung durch Lichtrelais versehen. Die Tür kann nur geschlossen werden, wenn niemand in der Türöffnung steht. Die Fahrgeschwindigkeit der Aufzüge beträgt praktisch etwa ein Stockwerk je Sekunde oder etwa 4 bis 6 m/s. Die Beschleunigung und Verzögerung dürfte etwa 2 m/s² betragen. Die Anlagen werden fast ausnahmslos mit Gleichstrom (Ward-Leonard-Gruppen) angetrieben. Für die Umformung des Drehstromes in Gleichstrom dienen vorwiegend umlaufende Umformer (Gleichrichter sind noch äußerst selten!). Bei neuen Anlagen wird Nutzbremsung angewandt, die namhafte Ersparnisse an Stromkosten und Unterhaltungskosten (Bremsbeläge) erzielen läßt. Das Fassungsvermögen der Kabinen schwankt um etwa 20 Personen herum (1500 bis 1600 kg), und die Antriebsgruppen besitzen eine Leistung von 40 bis 150 PS.

Ähnlich wie bei den Liftanlagen fällt auch bei den Kranen auf, mit wie großen Geschwindigkeiten gearbeitet wird. So laufen z. B. die Kohlenkrane des Hell-Gate-Kraftwerkes in New York mit einer Hubgeschwindigkeit von rd. 6 m/s.

V. Energiewirtschaft, Elektrizitätswerksbetrieb.

a) Belastungsverlauf. Die meisten Werke haben eine Belastungskurve mit ausgesprochener Lichtspitze. Bestrebungen für einen bessern Belastungsausgleich sind erst in neuerer Zeit in Fluß gekommen. Der Nachtstromabsatz für Akkumulatorenwagen, der heute z. B. in New York noch eine wesentliche Rolle spielt, wird aber nicht gepflegt, und viele Akkumulatorenwagen werden durch Benzinwagen verdrängt. Warmwasserspeicher sind noch sehr entwicklungsfähig. Die elektrische Küche spielt noch eine untergeordnete Rolle und kann, weil überall die englische Arbeitszeit eingeführt ist, sich nicht so günstig auswirken wie bei uns, da die Zubereitung der Hauptmahlzeit auf den Abend fällt und wenigstens teilweise die Lichtspitze noch verschärft. Interessant ist noch, daß die Werksbelastung bei Sportveranstaltungen ganz wesentlich durch Rundfunkgeräte beeinflußt wird. In Philadelphia wurde anläßlich eines großen Baseballspieles eine Rundfunkbelastung von 30 000 kW festgestellt.

b) Energieabsatzverhältnisse. Ein recht eindrückliches Bild der Gegensätze in den Abnehmerkreisen gibt die Statistik der United-Edison Comp. in New York, die 248 000 Kleinbezieher versorgt. Von diesen sind ständig etwa 10 % im Umzug begriffen. Der mittlere Jahresverbrauch je Abnehmer beträgt nur 32,6 kWh. 103 000 Gewerbetreibende beziehen $22{,}8 \cdot 10^6$ kWh oder im Mittel 224 kWh je Abnehmer und Jahr (Höchstwert 16 000 kWh). Der Gesamtenergieumsatz für New York macht etwas mehr als $5 \cdot 10^9$ kWh aus bei einer Spitzenlast von rd. $1{,}1 \cdot 10^6$ kW.

c) Energiewirtschaft. Der Durchschnittsverbrauch elektrischer Energie machte im Jahre 1932 für den Kopf der Bevölkerung rd. 530 kWh/Jahr aus (bei 124,8 Mill Einwohnern). Diese Zahl wird zwar von Kanada und den skandinavischen Staaten überboten und von der Schweiz auch erreicht. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß Amerika neben den Wasserkräften über andere ergiebige Energiequellen verfügt (Kohle, Erdöl und Erdgas), wobei zum Beispiel Erdgas bei doppelt so hohem Heizwert wie das künstlich erzeugte Leuchtgas nur halb soviel kostet wie dieses! Die mit Wasserkraft erzeugte elektrische Energie genießt daher in keiner Weise eine Vorzugsstellung, denn die etwa in der Schweiz geltenden volkswirtschaftlichen Bedenken gegen die Verwendung von Öl und z. T. auch von Kohle fallen ganz außer Betracht. Um so mehr muß daher der hohe Stand der Entwicklung der Elektrizitätsanwendung bewundert und anerkannt werden.

d) Stromarten, Spannungen und Frequenzen. Die großen Entfernungen zwischen den Städten haben es mit sich gebracht, daß sich die Netze ganz unabhängig voneinander entwickelt haben. Deshalb bestehen heute die verschiedensten Betriebssysteme nebeneinander: Gleichstrom und Wechselstrom von 25 bis 60 Hz bei allen möglichen Spannungen. Für Bahnbetrieb mit Wechselstrom sind 25 Hz genormt, für allgemeine Zwecke in den V. S. Amerika 60 Hz. In Kanada ist die Ausmerzung der Frequenz 25 Hz auch für die Allgemeinverteilung nicht mehr möglich, was besonders wegen der Beleuchtung sehr unangenehm ist. Wenn man an unser ruhiges Licht gewöhnt ist, so kann man nicht fassen, daß sich ganze Landesgegenden mit diesem Geflacker begnügen müssen.

e) Betriebsführung, Frequenzregelung. Aus dem Streben nach höchster Betriebssicherheit sind heute die meisten früher selbständigen Netze durch Höchstspannungsleitungen miteinander gekuppelt. Das Nebeneinander verschiedener Frequenzen bedingte die Aufstellung zahlreicher Frequenzumformer. Die Vermaschung der Netze gab auch Anlaß zur Entwicklung sehr guter Schutzsysteme und der hierfür nötigen Relais. Die Kupplung starker Netze über lange Leitungen zeigte indessen in jüngster Zeit neue Schwierigkeiten, die mit der Frequenzhaltung zusammenhängen. Nur bei ganz genauer Einhaltung der Frequenz läßt sich ein störungsfreier Betrieb durchhalten. Einige Netze werden daher nach einer durch Quarzkristalle erzeugten „Normalfrequenz" gerichtet. Zur Erleichterung der Frequenzhaltung versucht man jetzt eine andere Verteilung der Aufgaben unter die parallelgeschalteten Kraftwerke in der Weise, daß die Laständerung, die ja die Frequenzänderung bewirkt, von dem Werk übernommen wird, das dem Ort der Belastungsänderung am nächsten liegt. Es hat also nicht mehr immer das gleiche Werk für die Frequenzhaltung zu sorgen, sondern alle Werke teilen sich in diese Aufgabe. Ein anderer Weg, der ebenfalls untersucht wird, läßt zwar die Aufgaben wie bisher verteilt (Belastung nach Fahrplan für die einen, Frequenzhaltung für die andern), doch werden die Regler der frequenzregelnden Werke selbsttätig blockiert, wenn die Stabilitätsbedingungen für die Übertragungsleitungen nicht mehr erfüllt sind, und die Regler der andern Werke haben selbständig einzugreifen. Wie diese Fragen durch den Reglerbauer gelöst werden können, ist noch unbestimmt. Jedenfalls ergibt sich aus den neuen Forderungen die Notwendigkeit inniger Zusammenarbeit zwischen Maschinen- und Elektroingenieuren.

Digitized by Google

VI. Tarife.

Weitaus die meisten Tarife sind Blocktarife, und zwar vorwiegend Einfachtarife. Durch geschickte Wahl der Blockgröße hat man es in der Hand, auch für das Kochen und die Warmwasserbreitung günstige Preise zu erzielen (z. B. Toronto). Bei den Grundgebührentarifen, die für Kleinabnehmer noch häufig angewandt werden, wird der Grundpreis aus der Raumzahl, der Wohnfläche, dem Anschlußwert oder der Höchstleistung berechnet. Viele Tarife erscheinen recht willkürlich. Bei Kleinabnehmern wird die Höchstleistung oft nur geschätzt. Die Staffelung der Preise wird sowohl beim Grundpreis als auch beim Verbrauchspreis vorgenommen, zuweilen bei beiden zugleich. Einige Werke legen die Mengenstaffeln so fest, daß für gleiche Gebrauchsdauer der Höchstleistung gleiche Einheitspreise entstehen. In Baltimore sind die Energiepreise für ringförmig um den Stadtkern gelegte Zonen gestaffelt, mit nach außen steigenden Preisen (entsprechend den Selbstkosten, aber siedlungsfeindlich). Zahlreiche Werke behaften ihre Tarife mit einer Kohlenklausel. Philadelphia fällt dadurch auf, daß diese Klausel gerechterweise nur auf den in Wärmeanlagen erzeugten Energieanteil jedes Abnehmers berechnet wird. Hinsichtlich der Preise bestehen sehr große Unterschiede. Toronto, wo das Elektrizitätswerk in städtischem Besitz ist und die Energie vorwiegend aus den günstigen Anlagen an den Niagarafällen stammt, ist für nahezu alle Fälle am billigsten. Anderseits sind die New-Yorker Tarife für sehr viele Abnehmerklassen sehr hoch, was dazu geführt hat, daß die Stadt New York den Bau eines eigenen Kraftwerkes plant, um so auf die Tarife der privaten Werke Einfluß zu erlangen.

H. Wüger, Kilchberg (Schweiz).

Der Entladungsvorgang beim Bleisammler.

(Mitteilung aus dem Institut für Technische Elektrochemie der Technischen Hochschule Berlin.)

Von **Kurt Arndt** VDE, Berlin.

621. 355. 2

Im geladenen Bleisammler, einem galvanischen Element aus Blei, Bleisuperoxyd mit Schwefelsäure als Elektrolyten, wird bei der Entladung Schwefelsäure als Bleisulfat gebunden. Nach der „Sulfattheorie" von Gladstone und Tribe[1]) (1882) vollzieht sich der Umsatz nach der Gleichung:

$$Pb + 2\,H_2SO_4 + PbO_2 = 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O. \qquad (1)$$

Beim Laden verläuft der Vorgang umgekehrt. Die Änderung der Säuredichte wird benutzt, um mit der Spindel den Ladezustand der Batterien zu prüfen.

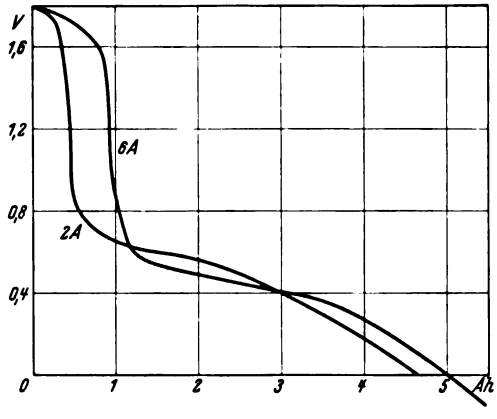


Abb. 1. Zelle mit 12 Ah normaler Kapazität. Endladung über 1,8 V hinab.

Gemäß dem Faradayschen Gesetz der Elektrolyse werden demnach umgesetzt je Ah 3,86 g Pb, 3,66 g H_2SO_4 und 4,46 PbO_2. Die Sulfattheorie wurde von F. Dolezalek[2]) (1901) durch thermodynamische Rechnungen gestützt. Immerhin wandten einige Forscher ein, daß sie den Säureverbrauch bei der Entladung kleiner fanden, als den gelieferten Amperestunden entsprach. Neuerdings haben E. H. Riesenfeld und H. Saß[3]) dasselbe festgestellt und auch gezeigt, daß die Wärmetönungen, mit denen Dolezalek rechnete, veraltet sind; neue Zahlen ergaben ihnen für die Änderung der EMK mit der Säuredichte tiefere Werte als die unmittelbare Messung, so daß diese Stütze der Sulfattheorie erschüttert wird. Aus ihren Analysen von teilweise oder ganz entladener positiver Masse folgerten sie, daß aus dem PbO_2 zunächst basische Sulfate von Pb_3O_5 und Pb_3O_4 entstehen.

Am Schlusse der Entladung fällt bekanntlich die Klemmenspannung rasch ab. Man erklärt dies gemeinhin dadurch, daß in den Poren der aktiven Masse die Säure rasch verarmt. Damit stimmt ja die Tatsache überein, daß die Kapazität des Sammlers bei höherem Entladungsstrom kleiner ist; z. B. gab jüngst eine Zelle bei Entladung mit 2 A 13 Ah, dagegen mit 6 A nur 8 Ah. Bei Fortführung der Entladung beidemal über die Grenze 1,8 V hinab bogen überraschenderweise die Entladungskurven (Abb. 1) nach steilem Absturz bei etwa 0,8 V um. Ein solcher Knick deutet auf einen neuen potentialbestimmenden Vorgang. Dabei stürzt die 6 A-Kurve später als die 2 A-Kurve ab, während doch dort der Elektrolyt in den Poren der Platten rascher verarmen muß.

Bei Untersuchungen des Verfassers über das Braunsteinelement[4]) konnte der stromliefernde Vorgang am positiven Pol festgestellt werden, indem sehr dünne, auf Platinblech niedergeschlagene Schichten von Mangandioxyd mit sehr schwachem Strom entladen und analysiert wurden. Entsprechend wurde auf einem mattierten Platinblech von 3 × 4 cm aus einer stark salpetersauren Bleinitratlösung beiderseitig ein wenig Bleisuperoxyd niedergeschlagen. Die Gewichtszunahme des Bleches ergab die Menge des Niederschlages, die Titration den in ihm enthaltenen aktiven Sauerstoff.

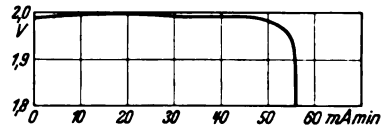


Abb. 2. 8 mg PbO_2. Entladung mit 1 mA.

Die Kurve Abb. 2 wurde mit 8 mg PbO_2 und 1 mA erhalten. Wenn 1 Ah 4,46 g PbO_2 erfordert, so sollte 1 g 13,4 Amp.-Min. liefern können und den 8 mg würden 107 Milliamp.-Min. entsprechen. In Wirklichkeit ist aber die Klemmenspannung (gegen zwei geladene negative Platten von 6 × 6 cm gemessen) schon nach 54 min, also genau der halben Zeit abgestürzt. 3 mg gaben 21 Milliamp.-Min., ebenfalls die Hälfte der nach der Gleichung (1) berechneten Leistung; 11 mg, mit 2 mA entladen, lieferten

[1]) Nature, Lond., Januar 1882.
[2]) F. Dolezalek: Die Theorie des Bleiakkumulators, Halle: Knapp 1901.
[3]) Riesenfeld u. Saß, Z. Elektrochem. 39 (1933) S. 219.
[4]) K. Arndt, ETZ 49 (1928) S. 817.

Digitized by Google

74 Milliamp.-Min. bis zum Absturz statt 147. Dickere Schichten ergeben weniger, als dieser neuen Grenze entspricht. Die Entladung geht also praktisch höchstens so weit, daß die Hälfte des im PbO_2 enthaltenen „aktiven" Sauerstoffes umgesetzt wird. Ebenso wie beim Leclanché-Element der Übergang von MnO_2 zu Mn_2O_3 nutzbar ist, so ist es beim Bleisammler am positiven Pol der Abstieg von PbO_2 zu Pb_2O_3.

Als eine etwas dickere Schicht (40 mg PbO_2) über den Absturz hinaus weiter entladen wurde, zeigte sich ein langer Halt bei 0,84 V; Verfasser schreibt ihn der Verbindung Pb_2O_3 zu. Treibt man die Entladung zwangsläufig weiter, so bleibt sie bei dem Potential des metallischen Bleis stehen, trotzdem das Blech noch zum Teil rotbraun gefärbt ist. Der Versuch, auf Platin niedergeschlagenes Blei gegen zwei positive Platten zu entladen, endete schnell nach Stromschluß, indem die Spannung stürzte, wohl weil sich die glatte Bleifläche mit Bleisulfat bezog.

Die Entladungsgleichung wäre nunmehr so zu schreiben:

$$Pb + H_2SO_4 + 2\,PbO_2 = PbSO_4 + H_2O + Pb_2O_3. \quad (2)$$

An der positiven Platte entsteht dann nachträglich durch Umsetzung mit der Säure $PbSO_4$.

Nach Gl. (2) sind also $2 \cdot 4{,}46$, d. h. 8,9 g PbO_2 je Ah nötig. L. Strasser[5]) erwähnt in seinem Aufsatz „Der leichte Akkumulator", daß man tatsächlich mit dem Doppelten der von ihm nach Gl. (1) berechneten Menge auskommen kann, daß aber leider mit der übertriebenen Steigerung der Porosität die Festigkeit und dadurch die Lebensdauer der Platten zu stark verringert wird. Er hält deshalb die dreifache Menge für nötig. Eine überschlägige Rechnung ergab für den üblichen Heizakkumulator etwa 3, für Starterzellen etwa 4 Amp.-Min. Kapazität je g der in den Positiven enthaltenen Masse, während (2) 6,7 Amp.-Min. als Grenzwert je g PbO_2 ergibt.

Was schließlich die Umsetzung der Schwefelsäure anlangt, so fand sich gelegentlich bei der Entladung einer Starterzelle die Abnahme des Säuregehaltes um 8,4 % geringer als Gl. (1) entspricht. Die Sulfatbildung hinkte also nach.

[5]) L. Strasser, ETZ 36 (1915) S. 327.

Elektrolytische Korrosionen an elektrischen Installationsanlagen durch Einzelelementbildung.

Von **Wilhelm Wieseler VDE**, Essen.

621. 315. 3 : 620. 19

Übersicht. Elektrolytische Korrosionen an elektrischen Installationsanlagen durch Einzelelementbildung werden beschrieben und auf deren Entstehung eingegangen sowie ihre Verhütung besprochen.

Elektrische Installationsanlagen in großen Gebäuden, die man mangels anderer Möglichkeiten durch Einbettung von Stahlpanzer- usw. -Rohren mit eingezogenen NGA-Leitungen in die Fußbodenauffüllung verlegen muß, leiden bekanntlich unter Zerstörungserscheinungen, die zu kostspieligen Ausbesserungen Anlaß geben. Hierunter fallen insbesondere Installationen in umfangreichen Büro-, Lager- und Geschäftshäusern usw., wo infolge ausgedehnter Raumflächen mit Eisenbetonunterzügen in den Decken keine andere Installationsart als Verlegung in die Fußbodenauffüllung angewandt werden kann. Man hat sich deshalb bemüht, die Ursachen solcher Leitungszerstörungen zu ergründen und Mittel für deren Beseitigung zu finden. Über diese Arbeiten, welche die Öffentlichkeit, insbesondere das Installations- und Baufach interessieren dürften, sollen deshalb nähere Einzelheiten in den nachstehenden Ausführungen bekanntgegeben werden.

Bei Installationen elektrischer Beleuchtungs-, Kraft- und Heizungsanlagen obiger Art ist man aus den schon eingangs erwähnten Gründen genötigt, durch Einbettung von Stahlpanzer- usw. -Rohren in die Fußbodenauffüllung die spätere Aufnahme der Leitungsdrähte vorzubereiten. Will man nun nicht in diese Rohrleitungen kostspielige Bleikabel oder ähnliche wasserdichte kabelartige Leitungen einziehen, so ist man aus Billigkeitsgründen gehalten, hierfür die bekannten NGA-Leitungen anzuwenden. Der Aufbau solcher Leitungen ist folgender:

Der verzinnte Kupferleiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben, die aus mindestens zwei Lagen Gummi verschiedener Färbung hergestellt sein muß. Die Gummihülle ist mit gummiertem gewebtem Band bewickelt. Hierüber befindet sich eine weitmaschige Umflechtung aus Baumwolle, Hanf oder gleichwertigem Stoff, der in geeigneter Weise getränkt ist. Seit Bestehen dieser Leitungsart hat sich gezeigt, daß diese nicht immer geeignet ist, den Anforderungen obiger Installationsart gewachsen zu sein. Man fand oft, daß sich trotz gewissenhafter Abdichtung der Rohrverbindungsstellen in den Rohren Wasser ansammelt. Die Folge war, daß in kürzester Zeit Zerstörungen der NGA-Leitungen eintraten, die zu Isolationsfehlern und in der Weiterentwicklung zu Erd- und Kurzschlüssen geführt haben. Die Untersuchungen wurden nun in zwei Richtungen geführt, und zwar, um einmal Mittel zu finden, die Ansammlung von Wasser in den Rohren zu verhindern, anderseits die Zerstörung der NGA-Leitungen durch Wassereinwirkung zu verhindern.

Die erstgenannte Richtung der Versuche ergab die Feststellung, daß die Ansammlung von Wasser auf Kondenswasserbildung zurückzuführen ist, die wegen der bestehenden Hohlräume zwischen Rohr und Leitung nur behelfsmäßig, aber nicht dauernd verhindert werden kann. Man wurde sich bald darüber klar, daß die anzuwendenden Mittel, von denen vorheriges Austrocknen der Rohre durch Heißluft vor Einziehen der NGA-Leitungen, Verlegen der Rohre auf Gefälle, ferner Abdichten der Rohrenden erwähnt sein sollen, nur vorübergehende Verbesserungen schaffen konnten, weil die verbleibenden Hohlräume immer wieder der Kondenswasserbildung Vorschub leisten. Dieser Weg wurde daher sehr bald als ungangbar verlassen.

Der zweite Weg war die Erforschung der Zerstörungsursachen der im Wasser liegenden NGA-Leitungen. Hier fand sich eine Zerstörungsart, die auf elektrolytische Korrosionen durch Einzelelementbildung zurückgeführt werden kann. Der Erkenntnis dieses Vorganges kam ein Zufallsvorgang zu Hilfe. In einem großen Warenhause Westdeutschlands waren in der Fußbodenauffüllung von etwa 10 cm alle für das Haus in Betracht kommenden Installationen für Wasser-, Sprinkler- und Feuerschutz und Kühlzwecke, Feuermelde- und Signalanlagen, elektrische Beleuchtungs-, Kraft- und Heizungsinstallationen hineingelegt worden, ohne daß besondere Schutzmittel für die Rohre angewandt waren. Nach etwa 1½ Jahren wurden

Digitized by Google

die Sprinklerrohre infolge Korrosion an mehreren Stellen undicht. Die Korrosion trat an den Sprinklerrohren deshalb zuerst in Erscheinung, weil diese Rohre unter einem Wasserüberdruck von 3 bis 4 at stehen und im Falle ihres Undichtwerdens selbsttätig eine elektrische Pumpenanlage in Betrieb kommt, die den Druck noch erhöht. Infolgedessen werden Zerstörungsstellen unter dem hohen Druck schnell undicht. Die deshalb notwendige Untersuchung zeigte, daß ein- und zweizöllige unverzinkte schwarze Eisenrohre, die über die Betonfußböden in einer 10 cm hohen Bimsbetonauffüllung eingebettet waren und außer einem asphaltartigen Schutzanstrich keinen besonderen Korrosionsschutz besaßen, nach etwa einem Jahr kraterartige Anfressungen von 20 bis 40 mm Breite und Durchlöcherungen von 5 bis 7 mm Dmr. aufwiesen, die in einer bestimmten Richtung lagen. Im Innern sind die Rohre, abgesehen von den vorerwähnten direkten Durchlöcherungen, vollständig unbeschädigt und die Wände durchaus glatt. Diese einseitige Korrosion war ein Beweis dafür, daß die korrodierten Stellen der Einwirkung eines elektrolytischen Einflusses längere Zeit ausgesetzt waren. Die in dieser Richtung an Ort und Stelle aufgenommenen Messungen bestätigten diese Vermutung. Man stellte zwischen zwei Meßstellen beliebiger Rohrnetze eine Gleichstromspannung bis zu 0,3 V fest. Für diese Messungen wurde ein empfindlicher Spannungsmesser mit hohem Eigenwiderstand (654,5 Ω) verwandt. Wurde in den Meßstromkreis noch ein Strommesser mit niedrigem Eigenwiderstand eingeschaltet, brach die Spannung nach und nach zusammen. Sie erholte sich aber sofort wieder, wenn lediglich wieder in den Meßstromkreis Geräte mit hohem Eigenwiderstand eingeschaltet wurden. Es handelt sich hiernach also um ganz geringe Spannungen, welche die in Frage stehende Zerstörung herbeiführen.

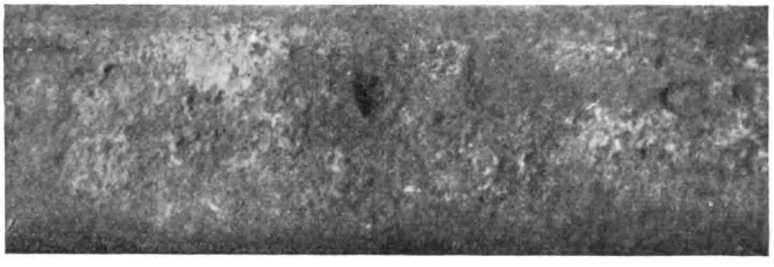


Abb. 1. Korrodiertes Sprinklerrohr, das in einem Warenhause vorgefunden wurde.

Zur Feststellung des Ursprungs der Spannung, die zwischen den Rohren gemessen wurde, wurde zunächst der Einfluß festgestellt, den die im Hause verlegten Drehstrom- und Gleichstrom-Installationsanlagen haben könnten. Deshalb wurden die im Hause vorhandenen Installationsanlagen mit etwa 1000 Stromkreisen für elektrische Beleuchtung, Kraft und Elektroheizung, die an das Drehstromnetz mit 220 V angeschlossen, und für die Notbeleuchtung, die mit 220 V Gleichstrom aus einer eigenen Notbeleuchtungs-Akkumulatorenbatterie gespeist wird, zunächst einer eingehenden Isolationsprüfung unterzogen. Die angestellten Isolationsmessungen gegen Erde ergaben folgende Werte:

2 %	aller	Stromkreise	zeigten	Isolationswerte	von 0 Ω,
0,7 %	„	„	„	„	bis 0,1 MΩ,
0,7 %	„	„	„	„	von 0,1 bis 0,5 MΩ,
1,4 %	„	„	„	„	zwischen 0,5 u. 1 MΩ,
95,2 %	„	„	„	„	über 1 MΩ.

Bei den mit 0 Ω ermittelten Stromkreisen zeigte sich, daß diese ungenügenden Werte als Folge vorübergehender Anschlüsse nicht einwandfreier Stromverbraucher und durch kürzlich aufgetretenes Hochwasser im Keller entstanden waren.

Aus dem Ergebnis vorstehender Isolationsmessungen war nicht zu schließen, daß die elektrischen Installationsanlagen Anlaß zu der Bildung der eingangs erwähnten Spannungen waren, wie auch durch Messung der Spannungen nach Abschalten sämtlicher Starkstromanlagen bestätigt wurde.

Auch die Untersuchung der in dem Hause verlegten Fernsprech-, Feuermelde- und Signalanlagen, die einzeln durch selbständige Akkumulatorenbatterien betrieben werden, zeigte, daß die gemessenen Spannungen nicht von Kriechströmen aus dieser Anlage herrührten.

Das in Frage stehende Warenhaus wird von Straßen begrenzt, die von der Straßenbahn befahren werden. Es mußte deshalb untersucht werden, ob etwaige schlechte Schienenrückleitungen vagabundierende Erdströme hervorrufen, welche die zwischen den Eisenrohrnetzen gemessene Spannung verursachen. Zu diesem Zweck wurde von der Straßenbahn das gesamte Netz vorübergehend in einer Nacht abgeschaltet und die Messung zwischen den Eisenrohrleitungen wiederholt. Einwandfrei ergab sich, daß hier nicht die Ursache für das Auftreten der Spannung zu suchen war.

Somit mußte es sich um die Bildung eines galvanischen Elementes handeln. Zur Klarstellung wurde deshalb in einem Glasgefäß ein Bimsbetonblock aus denselben Stoffen und der gleichen Mischung der im Hause verwandten Bimsbetonanfüllung hergestellt und in diesem Rohrleitungen verschiedener Metalle eingebettet. Nach Erstarren der Bimsbetonmasse wurde festgestellt, daß die einzelnen Metallrohre ein galvanisches Element bilden, deren EMKe wie folgt gemessen wurden:

Kupfer	gegen	verzinktes	Eisenrohr	0,02	V
„	„	verbleites	„	0,28	„
„	„	Eisenrohr		0,02	„
Eisen	„	verbleites	„	0,2	„
„	„	verzinktes	„	0,04	„

Bei Austrocknung des Versuchs-Bimsbetonblocks über einem offenen Heizkörper gingen die Meßwerte auf etwa die Hälfte zurück. Wird der Bimsbetonblock jedoch wieder durch gewöhnliches Leitungswasser dauernd angefeuchtet, so erhöhen sich die Werte, die nach Erstarren des Bimsbetonblocks gemessen wurden, wieder auf den ursprünglichen Wert. Anschließend wurden vier Rohre verschiedener Metalle in Leitungswasser getaucht, welches zur Anmischung der Bimsbetonanfüllung verwandt worden ist. Die dann zwischen den Rohren gemessenen Spannungswerte waren folgende:

Kupfer	gegen	verzinktes	Eisenrohr	0,56	V,
„	„	verbleites	„	0 2	„
„	„	Eisen		0,24	„
Eisen	gegen	verbleites	Eisen	0,06	„

Im vorliegenden Falle bilden die im Bimsbeton eingebetteten Metallrohrleitungen mit der Feuchtigkeit im Bimsbeton und dem zusätzlichen Leitungswasser ein galvanisches Element. Der äußere Schluß des Elements wird wahrscheinlich durch das in den Rohren stehende Wasser oder durch die Baufeuchtigkeit an anderer Stelle herbeigeführt.

Die chemische Untersuchung des verwandten Baustoffes hat ergeben, daß es sich um handelsübliche Baustoffe für die Herstellung leichter, poriger und gering beanspruchter Bauteile handelt.

Gleiche Vorgänge konnten bei der Zerstörung der elektrischen Installationsanlagen, wie eingangs dargestellt, ermittelt werden. Vergleicht man die grundsätzlichen Vorgänge der Korrosion der Sprinklerrohre mit den Zerstörungen der NGA-Leitungen der in den Fußboden verlegten Rohrleitungen, so findet man bei näherer Untersuchung, daß die ungewöhnlich starke Zersetzung des Isolationsmaterials der NGA-Leitungen sowie die Beschädigung der Kupferader, insbesondere die Zerstörung der Verzinnung und Rauhung bzw. Querschnittsverminde-

Digitized by Google

rung der Kupferseele nur als elektrolytische Auswirkung infolge Einzelelementbildung angesehen werden kann. Die von dem Verfasser angestellten Versuche haben dieses in jeder Richtung bestätigt. Zieht man in ein Metallrohr eine NGA-Leitung ein und taucht beide in eine Flüssigkeit, so werden die Isolierschichten der NGA-Leitung durchfeuchtet und besonders die beiden Gummischichten mit der Zeit durchtränkt. Es bildet sich ein Element, wobei die Kupferseele der NGA-Leitung die eine Elektrode, das umgebende Metallrohr die andere Elektrode und die Flüssigkeit den Elektrolyten bildet. Auf diese Weise wird dann die elektrolytische Korrosion eingeleitet und mit steigender Spannung gefördert.

Wählt man das Metallrohr, welches die NGA-Leitung umgibt, aus Eisen, so kann man bei dem Versuch deutlich erkennen, wie mit fortschreitender Korrosion auf der Eisenrohrwandung ein Kupferniederschlag entsteht. Die Kupferseele selbst verliert zunächst ihre Verzinnung, wird rauh und vermindert sich im Querschnitt.

Als Korrosionsschutz wird nach dem neuesten Stand der Technik bzw. letzten Forschungen für so schwierige Betriebsverhältnisse Kautschuküberzug empfohlen. Einzelne dieser Patente sind dem Verfasser bekanntgeworden[1]).

[1]) H. Traun, Verfahren zum Auskleiden von Kesseln und anderen Gefäßen mit Hartgummi als Korrosionsschutz. DRP. 419 363. L. M. Gorbanow, Verfahren zum Schutz von Gefäßen und Leitungen gegen Einwirkung von Flüssigkeiten und Gasen. Russisches Patent 15 807. Anschütz & Co., Verfahren zum Schutz von Elektroden gegen chemische und elektrochemische Zerstörungen durch einen Kautschuküberzug. DRP. 463 302. Goodrich & Co, Säurebeständiger Hartgummi. Amerikanisches Patent 1 691 347. F. A. Ahrens, Überziehen von Metallgegenständen mit einer säure- und alkalibeständigen Kautschukschicht. Französisches Patent 634 128. Siemens & Halske, Schützen von Gegenständen gegen chemische Einflüsse. Schweizerisches Patent 132 972. Fritz H. Löwe, Kautschuküberzüge, Korrosions- und Metallschutz, IX S. 12 (1933); Eigenschaften gummiplattierter Behälter, Chem. metallurg. Engng. (1926) S. 626. Dr. Reiner, Hartgummi als Auskleidungsmaterial in der chemischen Industrie, AEG-Mitt. (1932) S. 331. Wieseler, ETZ 53 (1932) S. 199; BBC-Nachr. 19 (1932) S. 36.

Nach den Versuchen muß der Schluß gezogen werden, daß für schwierige Betriebsverhältnisse, bei denen Kondenswasserbildung innerhalb der Rohre, in denen Leitungen verlegt sind, dafür Sorge getragen sein muß, daß die Leitungen absolut feuchtigkeitssicher gegen die Rohre abgedichtet sein müssen, man also Leitungen wählen muß, bei denen auf diesen Punkt besondere Sorgfalt verwandt ist.

Zusammenfassung.

Ausgehend von der elektrolytischen Korrosion elektrischer Installationsanlagen durch Einzelelementbildung werden die Ursachen der Entstehung behandelt und Verhütungsmaßnahmen besprochen. Meßergebnisse über die Elementbildung, bildliche Wiedergabe eines korrodierten Rohres und Anführung von Schutzverfahren erläutern die Abhandlung.

Natriumdampflampen in neuer Form.

Von **H. Lingenfelser** VDE und **M. Reger**, Berlin.

621. 327. 44

Die Reihe der bekannten Natriumdampflampen, die seit einigen Jahren in der Hand des Beleuchtungstechnikers sind, ist vor kurzem durch Hinzufügung mehrerer neuer Bauarten ergänzt und erweitert worden. Die Ursache hierfür ist in der inzwischen erzielten technischen Weiterentwicklung dieser Lampen zu sehen. Das Ergebnis dieser Weiterentwicklung besteht in einer Erhöhung der erzielten Lichtausbeute, in einer Verlängerung der Lebensdauer und in der Vereinfachung des Betriebes. Bei der Betriebsweise der älteren Lampen benötigte man einen oder zwei kleine Transformatoren zur Aufheizung der Elektroden auf die notwendige Betriebstemperatur. Es waren also drei bzw. vier Zuleitungen zu jeder Lampe erforderlich, deren Anschluß nur durch eine zweiseitige Sockelung in befriedigender berührungsschutzsicherer Weise gelöst werden konnte. Allerdings bedingte diese Art der Sockelung besondere Fassungen und Leuchten. Das Ziel der Entwicklung mußte also sein, eine Lampe zu bauen, die nur zwei Zuleitungen benötigt und infolgedessen mit einer einseitigen, möglichst genormten Sockelung ausgerüstet werden konnte. Hierzu waren zwei grundsätzliche Wege möglich:

1. Die Erhöhung der angelegten Spannung auf einen solchen Wert, daß die Zündung der Lampen auch ohne glühende Elektroden, d. h. ohne besondere Heiztransformatoren sichergestellt wird, also eine Lösung mit äußeren Mitteln oder aber

2. eine lampentechnische Weiterentwicklung unter Beibehaltung der üblichen Spannung von 220 V.

Der erste verhältnismäßig einfache Weg, durch Erhöhung der Spannung eine Vereinfachung des Betriebes der Natriumdampflampen zu erreichen, führte zur Verwendung von Streufeldtransformatoren. Es zeigte sich aber, daß, um sichere Zünd- und Betriebsverhältnisse für die Lampen zu bekommen, eine Erhöhung der Spannung bis hart an die Grenze dessen notwendig war, was unter Berücksichtigung der geltenden VDE-Vorschriften möglich ist. Lampen dieser älteren Bauart sind schon seit etwa zwei Jahren im Auslande bekannt und werden auch im Inland hergestellt (siehe Abb. 1). Die Lichtausbeute dieser Lampen beträgt je nach Leistungsaufnahme 55 bis 69 Hlm/W, vorausgesetzt, daß sie an einem

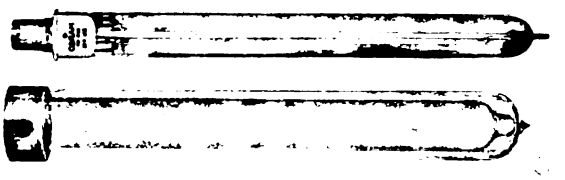


Abb. 1. Na-Dampflampe für 470 V Betriebsspannung mit getrenntem Wärmeschutzgefäß.

Streufeldtransformator mit Sparschaltung betrieben werden können. In denjenigen Fällen, wo dies infolge der gegebenen Bedingungen des Stromversorgungsnetzes nicht möglich ist, muß ein gewöhnlicher Transformator verwendet werden, dessen Verluste im allgemeinen nicht unerheblich größer sind, wodurch die Gesamtlichtausbeute entsprechend herabgesetzt wird. Der zum Betrieb der Natriumdampflampen erforderliche Wärmeschutz wird bei diesen Lampen durch ein Vakuumgefäß erzielt, das über das eigentliche Entladungsrohr gestülpt wird. Dies ergibt hinsichtlich der Anlaufzeit gewisse Unterschiede dieser Lampen gegenüber den Natriumdampflampen mit fest eingebautem Wärmeschutz. Sie beträgt je nach Bauart 15 bis 25 min. Die Brennlage dieser Type ist waagerecht oder bis zu 20 ° dagegen geneigt, hierbei ist der Sockel oben.

Der zweite oben angegebene Weg, durch lampentechnische Verbesserung eine Vereinfachung des Betriebes mit einer Erhöhung der Lichtausbeute zu erzielen, war zwar zweifellos der schwierigere, konnte aber doch durch Verbesserung der Zündverfahren, insbesondere der Elektroden zum Erfolg geführt werden. Es ist bei den neuen

Digitized by Google

Lampen möglich, ohne jede Fremdheizung der Elektroden durch einen Transformator auszukommen, ohne die Netzspannung von 220 V zu überschreiten (Abb. 2).

Der Heiztransformator diente bisher dazu, die eine Oxydelektrode der Röhre durch Widerstandsheizung zum Glühen zu bringen, so daß genügend Elektronen emittiert wurden. Hatte die Elektrode die nötige Temperatur erreicht, so zündete das Rohr, durch die Entladung wurde dann auch die andere Elektrode so hoch erhitzt, daß sie genügend Elektronen emittierte. Bei der neuen Bauart wird nun die Heizung der einen, mit einem neuen Oxyd versehenen Elektrode durch eine Hilfsglimmentladung erreicht, die von der Hauptelektrode E_1 zur Hilfselektrode E_3 übergeht (s. Abb. 3). E_3 ist über einen Widerstand W mit der gegenüberliegenden Elektrode E_2 verbunden. Beim Einschalten des Rohres liegt also die volle Netzspannung zwischen der Elektrode E_1 und der Hilfselektrode E_3. Da der Abstand zwischen diesen nur einige Millimeter beträgt, tritt eine Zündung der Glimmentladung sicher ein. Durch den Widerstand W wird der Strom dieser Hilfsentladung auf den richtigen Wert begrenzt. Diese Glimmentladung führt der Gasstrecke eine bestimmte Energie zu, die zum größten Teil an den Elektroden E_1 und E_3 in Wärme umgesetzt wird. Die Entladungswärme heizt nun die Elektrode E_1 so weit auf, daß Glühelektronen in großer Anzahl emittiert werden, d. h. die Hilfsglimmentladung schlägt nach einigen Sekunden in den Bogen um. Da aber die Stromstärke des Bogens durch den Widerstand W auf einen sehr kleinen Betrag begrenzt wird, sucht die Entladung, geführt durch eine Innenzündstrecke, den bequemeren Weg zur anderen Haupteletrode E_2, d. h. die Röhre zündet. Während des Betriebes der Lampe liegt zwischen E_1 und E_3 nur die Brennspannung von etwa 70 V, der Strom der Hilfsentladung sinkt daher auf einen zu vernachlässigenden Betrag. Der Widerstand W ist im Außenkolben der Na-Röhre eingeschmolzen, so daß nach außen hin nur zwei Zuleitungen nötig sind.

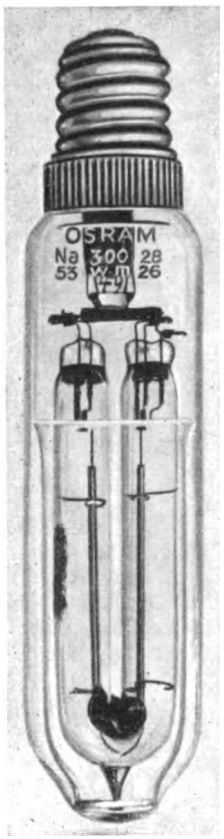
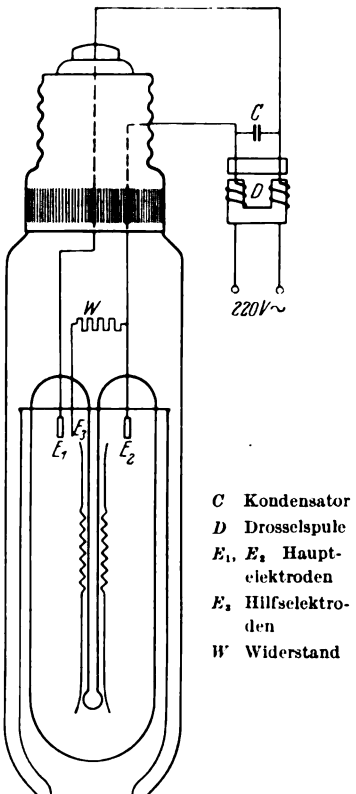


Abb. 2. Natriumdampflampe für 220 V Betriebsspannung mit festem Wärmeschutzgefäß.



C Kondensator
D Drosselspule
E_1, E_2 Hauptelektroden
E_3 Hilfselektroden
W Widerstand

Abb. 3. Schaltung der Natriumdampflampe für 220 V Betriebsspannung.

Es war daher möglich, für diese beiden Zuführungen einen normalen Goliathsockel zu verwenden. Um gleichzeitig die leuchtende Länge so weit zu verkürzen, daß die Verwendung normaler Glühlampenreflektoren möglich war, wurde das eigentliche Entladungsrohr U-förmig gebogen, so daß die Lampe handliche Abmessungen aufweist.

Durch die neue Form sowie durch Verbesserung des Wärmeschutzes konnte gleichzeitig eine Verbesserung der Lichtausbeute auf 52 bis 59 HLm/W (einschließlich Verluste in der Drosselspule) erzielt werden. Die Stromstärke wurde herabgesetzt und die Brennspannung an der Lampe entsprechend erhöht, wodurch eine günstigere Anpassung der Lampe an die Netzspannung erzielt werden konnte. Neben der besseren Lichtausbeute ergeben sich hieraus kleinere und deshalb billigere Abmessungen der Drosselspule und geringere Verluste an den Zusatzgeräten. Die Brennlage der Lampen ist beliebig.

Die Wirtschaftlichkeit der neuen Lampen ist erheblich besser, entsprechend der höheren Lichtausbeute und der längeren mittleren Lebensdauer (3000 h). Bei einem Strompreis von 5 bis 10 Rpf/kWh ist eine Herabsetzung der Gesamtkosten um etwa 15 bis 35 % gegenüber einer gleichwertigen Beleuchtung mit Glühlampen möglich. Dem Betriebsmann ist damit die Möglichkeit in die Hand gegeben, die erzielbaren Ersparnisse in eine Erhöhung des Lichtstromes und damit der Beleuchtungsstärke umzumünzen, die bei dem heutigen Stand der Beleuchtung in fast allen Fällen sehr erwünscht, ja sogar notwendig sein wird.

Verwendung von Entladungsgefäßen bei elektrischen Maschinen.

621. 313. 077 : 621. 314. 64.7

Die auf der Verwendung von Hochvakuum- und Gas- oder Dampfentladungsgefäßen beruhenden Spannungs- und Drehzahlregler für elektrische Maschinen arbeiten ohne bewegte Teile, ohne Schalter und Kontakte; sie sind trägheitslos und können mittels kleiner elektrischer Steuerleistungen große elektrische Leistungen regeln[1]). Sie können einen durch Änderung der zu überwachenden Größe erzwungenen Regelvorgang unmittelbar nach Auftreten der Änderung durchführen. Sie verbürgen die Einhaltung der drei Bedingungen, die an eine Feinregelung gestellt werden: geringe Endabweichung vom Sollwert der zu regelnden Größe, geringe Höchstabweichung bei Betriebszustandsschwankungen und große Regelgeschwindigkeit. H. Sequenz gibt an Hand zahlreicher Schrifttumshinweise einen Überblick über die verschiedenartigen Regeleinrichtungen dieser Art und behandelt dabei folgende Verfahren:

I. Regelung von elektrischen Maschinen mittels Hochvakuum-Entladungsgefäßen, und zwar 1. Regelung mit Zweielektrodenröhren, 2. Regelung mit Dreielektrodenröhren [a) Gleichstrommaschinen, b) Wechselstrommaschinen, c) Beispiel eines Regelschaubildes].

II. Regelung von elektrischen Maschinen mittels gittergesteuerter Gas- und Dampfentladungsgefäße, und zwar 1. Eigenschaften der gittergesteuerten Gas- und Dampfentladungsgefäße, 2. Regelung der Spannung [a) Gleichstromerzeuger, b) Wechselstromerzeuger], 3. Regelung der Drehzahl von Gleichstrommotoren.

Im Anschluß an diese Zusammenstellung, in der nur die Regelung der Spannung bzw. Drehzahl von Maschinen behandelt wird, sollen in einer späteren Arbeit andere Verwendungsmöglichkeiten der Entladungsgefäße bei elektrischen Maschinen (z. B. die Erregung von Synchronmaschinen mit Gleichrichtern, die Stromrichtermotoren usw.) gezeigt werden. *Ggr.*

[1]) H. Sequenz, Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 475.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 315. 1. 004. 6 : 551. 594. 221 **Unterlagen zur Beurteilung der Gewittersicherheit von Freileitungsanlagen.** — Aus einer Arbeit von L. V. Bewley über den Gewitterschutz von Freileitungen, die wegen der weitgehenden Übereinstimmung mit den Ergebnissen der deutschen Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet bemerkenswert ist, ist in Abb. 1 ein Schaubild wiedergegeben,

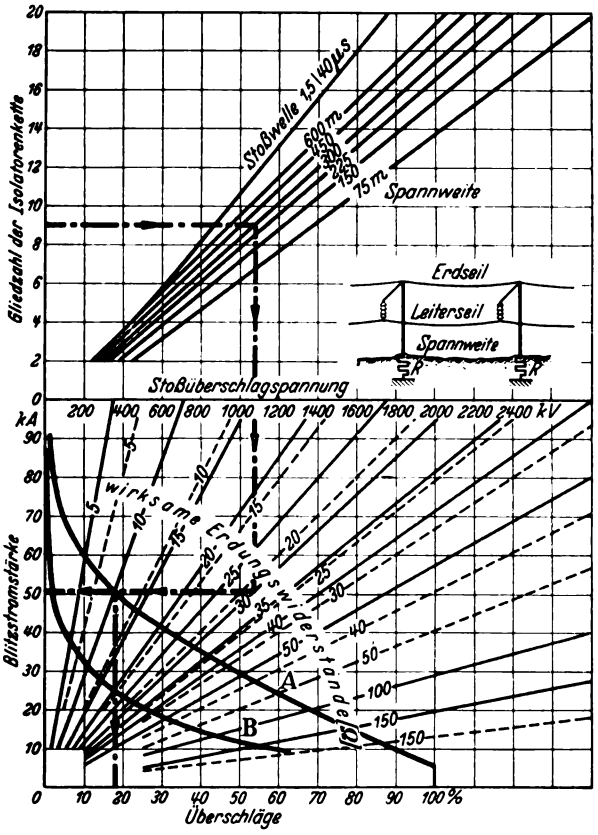


Abb. 1. Tafel zur Beurteilung der Gewittersicherheit von Freileitungen.

das dazu dient, die Gewittersicherheit einer Freileitung zu beurteilen. Die Unterlagen zu dieser Darstellung stammen aus amerikanischen statistischen Erhebungen, Versuchen und Berechnungen. Bei der Übertragung und Anwendung auf deutsche Verhältnisse ist zu beachten, daß die Unterlagen hauptsächlich aus Höchstspannungsnetzen mit geerdetem Sternpunkt und sehr großen Spannweiten stammen. Die Kurve *A* der Abbildung stellt die Häufigkeitsverteilung der Blitzstromstärken nach amerikanischen Stahlstäbchenmessungen dar, und zwar sind die Stromstärken im Blitzkanal und nicht die eigentlich gemessenen Stromstärken in den Masten angegeben. (Anm. d. Ber. Nach den deutschen Erfahrungen kommt dadurch eine gewisse Unsicherheit in die Kurve, weil die Stromstärken im Blitzkanal nicht genau bestimmt werden können. Zum Vergleich ist die in Deutschland festgestellte Häufigkeitsverteilung der Maststromstärken (Kurve *B*) mit eingetragen[1]), die aber bei Anwendung des Schaubildes nicht berücksichtigt werden darf.) Die vom Nullpunkt ausgehenden Strahlen entsprechen den wirksamen Widerständen an der Einschlagstelle. Bei einem Masteinschlag in eine Leitung mit einem Erdseil wird der wirksame Widerstand beispielsweise gebildet aus der Parallelschaltung des Wellenwiderstandes des Blitzkanals (angenommen zu 400 Ω), des Widerstandes der Masterdung und des halben Wellenwiderstandes des Erdseils. Für diese reine Parallelschaltung der Widerstände gelten die gestrichelten Geraden, während die ausgezogenen Strahlen noch den absenkenden Einfluß der kapazitiven Kopplung mit den übrigen Leitern berücksichtigen. Im oberen Teil der Abbildung sind für Hängeketten mit 2 bis 20 Kappenisolatoren von rd. 250 mm Tellerdurchmesser und rd. 150 mm Bauhöhe (entspricht etwa dem deutschen Kappenisolator K 2) die Stoßüberschlagspannungen für eine Stoßwelle mit 1,5 µs Stirndauer und 40 µs Halbwertdauer dargestellt. Die oberste Gerade gilt, wenn sich die Stoßwelle voll auswirken kann. Bei den übrigen Geraden, die für verschiedene Spannweiten gelten, ist berücksichtigt, daß durch die Kopplung mit den anderen Leitern und vor allem mit dem Erdseil die Stoßwelle stark verändert und dadurch die Beanspruchung der Isolation herabgesetzt wird. Die Verwendung des Schaubildes ist durch den gestrichelt eingezeichneten und mit Pfeilen versehenen Linienzug erläutert. Eine Leitung, die Ketten aus 9 Gliedern und Spannweiten von 300 m hat, ist bei einem wirksamen Widerstand an der Einschlagstelle von 30 Ω (mit Berücksichtigung der Kopplung) bis zu Stromstärken von 50 kA (im Blitzkanal!) gewittersicher. Dabei muß noch bei etwa 18 % aller Einschläge mit Überschlägen gerechnet werden. (Nach den deutschen Untersuchungen sind bei Zugrundelegung von 50 kA Maststromstärke nur in 3 % aller Mast- und Erdseileinschläge Überschläge zu erwarten. 18 % Überschläge würde etwa die Annahme von nur 30 kA Maststromstärke für die Bemessung der Erdungswiderstände bedeuten.) Das Schaubild läßt sich auch für die Beurteilung der Gewittersicherheit bei Leiterseileinschlägen verwenden. Dann sind angenähert die ausgezogenen Widerstandsstrahlen für 100 und 150 Ω gültig je nach der Lage des getroffenen Leiters im Mastkopfbild. In der Arbeit sind noch weitere Beispiele für die Anwendung des Schaubildes enthalten.

Von beachtenswerten Ausführungen des Aufsatzes seien noch folgende erwähnt. Für 1, 2, 3 und 4 Leiterseile werden Kopplungsziffern von 0,25, 0,40, 0,50 und 0,57 angegeben. Bei Masten mit niedrigen Erdungswiderständen ist der wirksame Widerstand im Sinne der Abb. 1 annähernd gleich dem Erdungswiderstand allein. Aus dem Vergleich zweier Beispiele wird der Grundsatz abgeleitet, daß es wesentlich vorteilhafter ist, bei einer Leitung die Erdungswiderstände der Masten zu verringern als die Zahl der Isolatoren entsprechend zu erhöhen. Besonders beachtenswert ist die Angabe, daß bei Masterdungswiderständen von 10 bis 15 Ω eine Leitung mit Erdseil und 9 bis 10 Gliedern (entspricht etwa 8 bis 9 Gliedern K 3) so gut wie vollständig gewittersicher ist. Wenn die Erdungswiderstände so niedrig liegen, daß bei Masteinschlägen Ströme bis zu 50 kA (im Blitzkanal!) gefahrlos abgeleitet werden können, soll für Einschläge in Spannfeldmitte Sicherheit bis zur doppelt so hohen Stromstärke im Blitzkanal gegeben sein. Bei Erdseileinschlägen, die bis zu ¼ Spannweite vom Mast entfernt liegen, sollen die Verhältnisse wie bei Masteinschlägen selbst liegen.

Der Aufsatz enthält noch vergleichende Betrachtungen über die Mastkopfausbildung, die zwar wertvoll sind, aber wegen der Zugrundelegung der Eigenarten amerikanischer Kraftübertragungen für deutsche Verhältnisse weniger in Frage kommen, so daß sie hier übergangen werden können. [L. V. Bewley, Electr. Engng. 55 (1936) S. 342.] *Gd.*

621. 316. 12. 027. 3. (73) **Gleichstrom-Hochspannungsübertragung.** — Bedford, Elder und Willis berichten von der versuchsweisen Ausführung einer Gleichstrom-Hochspannungsübertragung mit Energierückgewinnung; die Anlage arbeitet nach dem Konstantstromsystem, das früher bereits von Thury[1]) verwendet worden ist. Die Energie wird aus Wechselstrom konstanter Spannung in Gleichstrom konstanten Stromes mittels Stromrichtern umgeformt. Auf der Empfangsseite wird der konstante Gleichstrom wieder in normalen Wechselstrom konstanter

[1]) H. Grünewald u. H. Zaduk, ETZ 57 (1936) H. 38, S. 1079 u. H. 39, S. 1108.

[1]) R. Thury, ETZ 51 (1930) S. 114.

Digitized by Google

Spannung und gewünschter Frequenz rückverwandelt. Das Kennzeichnende der Versuchsanordnung liegt in der Einrichtung, die die Umwandlung der Leistung bei konstanter Spannung in Leistung bei konstantem Strom und umgekehrt bewirkt. Die Einrichtung besteht aus Resonanzkreisen nach der Art der bekannten Boucherot-Brücke. Die Resonanzkreise, die je aus einer Reihenschaltung von Kondensatoren und Drosseln bestehen, sind auf die Netzfrequenz abgestimmt und gemäß Abb. 2 in Dreieckschal-

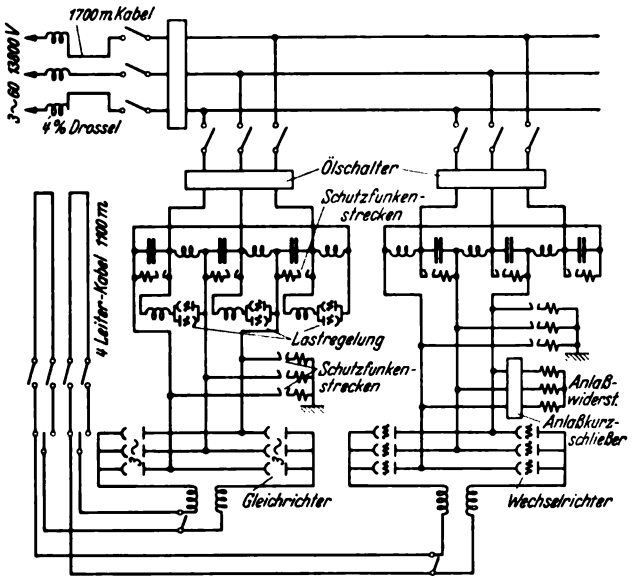


Abb. 2. Schaltbild der Versuchsanlage.

tung an die drei verketteten Spannungen des speisenden Drehstromnetzes angeschlossen. Von den Verbindungspunkten von Drossel und Kondensator jeder Dreieckseite gehen die drei Leitungen des dreiphasigen Konstantstromsystems ab. Der so gewonnene konstante Drehstrom wird durch Stromrichter in normaler Gleichrichterschaltung in konstanten Gleichstrom umgewandelt und dieser durch ein Kabel von über 2 km Länge geleitet. Die Schaltung der Empfängerseite entspricht völlig der Schaltung der Sendeseite, die Stromrichter (Thyratrons) arbeiten jedoch als Wechselrichter. Auf der Empfangsseite wird der konstante Gleichstrom der Hochspannungsübertragung durch einen Wechselrichter in konstanten Drehstrom umgeformt und dieser wieder mittels Resonanzkreise wie auf der Sendeseite in Drehstrom konstanter Spannung umgewandelt, wobei die über die Gleichstromleitung übertragene Leistung wieder in das Drehstromnetz zurückgeliefert wird. Die Versuchsanlage überträgt 3000 kW bei 15 000 V Gleichspannung und 200 A Gleichstrom. Sie ist an eine Drehstromleitung von 13,8 kV, 60 Hz angeschlossen. Die Typenleistung der für die drei Schwingkreise erforderlichen Kondensatoren beträgt sowohl auf der Gleichrichter- als auch auf der Wechselrichterseite je 4500 kVA. Die Typenleistung der für die Schwingkreise erforderlichen Drosselspulen beträgt 1600 kVA. Der kapazitive Überschuß an Blindleistung ist nur dann erforderlich, wenn die Schwingkreise eine starke induktive Last übertragen. Der Leistungsfaktor kann bei der gewählten Bemessung der Schwingkreise bei Vollast bis auf 0,8 sinken. Neben den nicht unbeträchtlichen Kosten für die Kondensatoren und Drosselspulen bedingt das Konstant-Stromsystem gegenüber dem Konstant-Spannungssystem im allgemeinen höhere Übertragungsverluste. Das Schaltproblem auf der Gleichstromseite ist bei der Konstantstrom-Energieübertragung verhältnismäßig einfach, da im Störungsfall nur die Gleichstromleitung kurzzuschließen ist. Der Kurzschlußstrom ist durch die Schwingkreise angenähert auf den Nennstrom begrenzt. Dagegen ist für das Konstant-Stromsystem die Unterbrechung der Gleichstromleitung wegen der dadurch bedingten hohen Überspannungen gefährlich, weshalb entsprechende Überspannungs-Schutzeinrichtungen vorgesehen sind. [B. D. Bedford, F. R. Elder und C. H. Willis, Gen. Electr. Rev. 39 (1936) S. 220.] —*gn*—

Leitungen.

621. 315. 2. 004. 6 **Hochspannungs-Kabelfehlerstatistik 1935.** — Die Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung (WEV) hat die regelmäßigen statistischen Erhebungen über Fehler in Kabelanlagen über 15 kV fortgesetzt. Die Abb. 3 zeigt die Verteilung der Fehler auf Kabel (K), Muffen (M) und Endverschlüsse (EV) für 1930 bis 1935. Erfaßt sind über 7000 km K, 25 000 M und 11 100 EV. Als Fehlerhäufigkeit ergaben sich für 1 km K 1,07 (Vorjahr 0,93), für je 100 M 0,15 (Vorjahr 0,19) und für je 100 EV 0,61 (0,66). Der seit 1933 beobachtete (s. d. Abb.) Anstieg der Gesamtfehlerzahl ist im letzten Berichtsjahr mit 6,5 % geringer als die Erweiterung des Kabelnetzes um 8,1 %, die Zahlen der M und EV stiegen um 5,3 bzw. 12,5 %. Aus den zahlreichen Einzelfeststellungen des Berichts können nur einige besonders beachtliche herausgegriffen werden: Bei 30 kV-Kabeln sind keine EV-Fehler vorgekommen, dagegen die K- und M-Fehler stark gestiegen, besonders bei Strahlungsschutzkabeln (SK). Bei 35 bis 50 kV-Kabeln blieben Gürtelkabel (GK) samt Zubehör fehlerfrei, bei SK trat ein Fehler auf. 60 bis 100 kV-Kabel blieben im Unterschied zum Vorjahr (Muffenfehler) störungsfrei. Die Störanfälligkeit von GK ist praktisch gleich derjenigen der SK geblieben. Während die Gesamthäufigkeit der Fehler bei K gestiegen ist, sank sie bei M und EV; mit Freileitungen verbundene EV schnitten im Vergleich zum Vorjahr ungünstiger ab (0,98 gegenüber 0,87 auf je 100 EV). Die Störanfälligkeit aus äußerer Ursache liegt bei den EV mit 53 % höher als im Vorjahr (45,5 %, 1933 jedoch 69 %). Eine höhere Nennspannung scheint nicht unbedingt eine Erhöhung der Betriebssicherheit zu bedeuten, denn bei solchen lag die Fehlerzahl je 100 km aus unbekannter Ursache bei den SK und GK ziemlich hoch. SK hatten je 100 km eine Gesamtstöranfälligkeit von 1,39, GK eine solche von 0,86 je 100 km. Die auf innere Ursachen zurückzuführende Störanfälligkeit war 0,28 bei GK und 0,22 bei SK (im Vorjahr 0,3 bzw. 0,12). Bei Betrachtung der graphischen Darstellung der Fehlerhäufigkeit von K und M in den Jahren 1930 bis 1935 fällt ein 1930 einsetzender Anstieg auf, bei den EV dagegen sank die Störanfälligkeit seit 1930 ständig, seit 1933 jedoch langsamer; die mit SK verbundenen EV zeigten seit 1933 wachsende Anfälligkeit. Die Zahlen für das mittlere Kabelalter haben sich kaum geändert. [W. Zimmermann, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 618.] *Eg.*

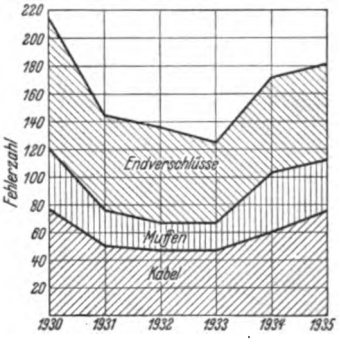


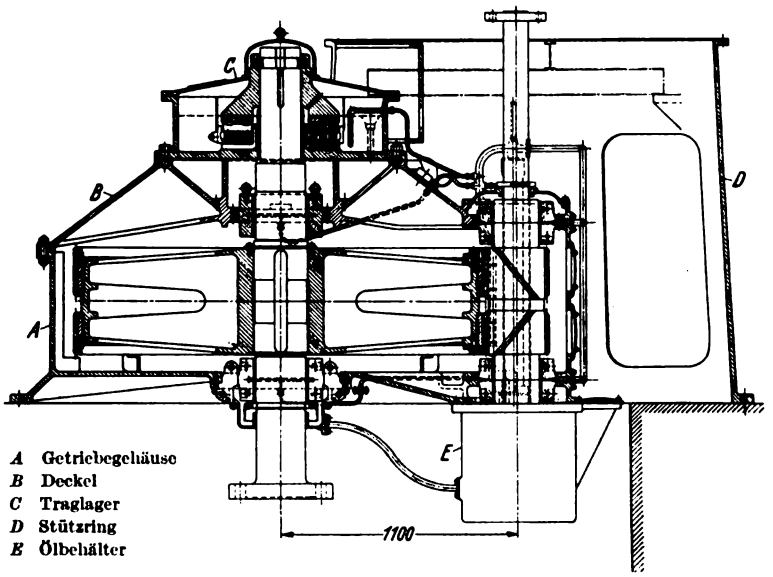
Abb. 3. Verteilung der Fehler auf Kabel, Muffen und Endverschlüsse in den Jahren 1930 bis 1935.

Elektromaschinenbau.

621. 311. 21—881 **Zahnradgetriebe für Wassergeneratoren.** — Beim Ausbau geringer Gefälle wird die Drehzahl der Turbinenwelle klein und der direkt gekuppelte elektrische Generator verhältnismäßig groß und teuer. Auch die nunmehr üblichen Schraubenturbinen mit hoher Drehzahl müssen meistens mit Zahnradgetrieben verbunden werden, um die technisch und wirtschaftlich beste Lösung, namentlich bei geringen Leistungen, zu sichern. Ältere Bauarten mit Gußgetriebe haben sich als ungeeignet erwiesen und dadurch die Einführung des Präzisionsgetriebes verzögert. Bei der steigenden Bedeutung der Turbinen mit senkrechter Welle haben sich solche Getriebe jedoch in der letzten Zeit eingebürgert, und zwar für geringe Leistungen, wie dies vom wasserbautechnischen Gesichtspunkt aus verstanden wird. Bei einem Drehmoment von 20 000 bis 30 000 mkg (z. B. 4000 PS bei 100 U/min) der Turbinenwelle ist ein zylindrisches Getriebe noch wirtschaftlich vertretbar. Bei großen Leistungen dagegen steigen die Herstellungskosten der zylindrischen und noch mehr der Kegelräder schnell mit dem

Digitized by Google

Durchmesser. Hinzu kommt noch, daß die Maschinenkosten bei solchen Anlagen im Vergleich mit den sonstigen Bausummen in den Hintergrund treten. Bei geringen Leistungen ist es dagegen oft von Bedeutung, daß die Kosten der Maschinenanlage begrenzt werden. Zu diesem Zwecke werden schnellaufende Generatoren mit 1500 bis 600 U/min über Zahnradgetriebe mit der langsamlaufenden



A Getriebegehäuse
B Deckel
C Traglager
D Stützring
E Ölbehälter

Abb. 4. Schnitt durch ein Zahnradgetriebe für Wassergeneratoren.

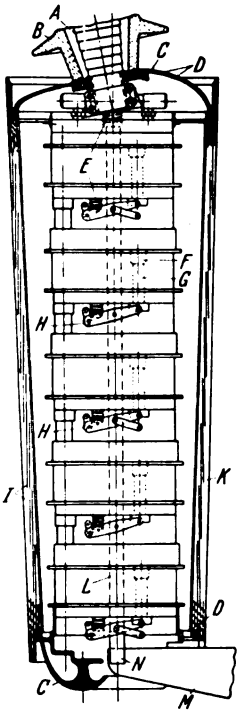
Turbine verbunden. Die senkrechten Getriebe werden mit Übersetzung bis zu 1 : 10 oder als Doppelgetriebe bis zu 1 : 40 ausgeführt. Kegelgetriebe können als Einfachgetriebe bis 1 : 6 und als Doppelgetriebe bis 1 : 60 gebaut werden. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß die erforderliche Schwungmasse in der Regel durch Schwungrad herbeigeführt werden muß. Die Anbringung des Schwungrades auf der schnellaufenden Welle setzt dessen Gewicht und Preis wesentlich herab. Die grundsätzliche Bauart der Getriebe geht aus der Abb. 4 hervor. Das Getriebegehäuse besteht aus einem Unterteil *A*, welcher die Zahnräder umschließt, und einem Deckel *B*, worin die Führungslager eingebaut sind. Der Deckel nimmt den Axialdruck des Turbinenlaufrades durch die Traglager *C* auf und ist entsprechend kräftig bemessen. Bei Belastungen unter 5 t kann man mit Axialdrucklagern auskommen, bei höheren Belastungen greift man zu Segmentlagern. Dem Getriebegehäuse direkt angebaut ist der Stützring *D*, welcher den Generator trägt. Zum Aufsammeln des aus Zahnrädern und Lagern ablaufenden Öles dient der Ölbehälter *E* mit Luken zur Überwachung der Ölsiebe und Pumpe für den Kreislauf des Öles. Die Zahnkränze aus Sonderstahl sind auf den Radsternen aufgeschrumpft und mit Keilen befestigt. Die Anbringung des Radsterns auf die Welle erfolgt in derselben Weise. Das Ritzel wird u. U. direkt aus der Welle hergestellt. Meistens wird zur Vermeidung eines Axialdruckes von den Zahnflanken Pfeilverzahnung verwendet, wodurch die Betriebslage von Zahnkranz und Ritzel festgelegt wird. Die Welle wird bei Turbinen mit festen Schaufeln massiv, sonst auch für Kaplanturbinen gebohrt ausgeführt. Die schnellaufende Welle wird mit der Generatorwelle grundsätzlich in der Weise verbunden, daß die langsamlaufende Turbinenwelle je nach dem Zusammendrücken der Federn des Segmentlagers axial verschoben werden kann, damit das Generatortraglager vollkommen entlastet wird. Die Schmierung der Getriebe erfolgt überwiegend als Druckschmierung mit Zahnrad- oder Umlaufpumpe. Die gleiche Getriebebauart ist auch für Motorantriebe verwendbar und wurde bei Pumpen, Rührern und Getreidemühlen wiederholt ausgeführt. Nur bei geringen Leistungen bis zu einigen hundert PS sind senkrechte Getriebe mit Kegelrädern wirtschaftlich berechtigt, so daß das Verwendungsgebiet sich meistens auf Hilfsantriebe beschränkt. Eine Reihe von Verwendungsbeispielen ist in dem angezogenen Aufsatz enthalten. [A. Engström, Asea's Tidn. 28 (1936) S. 70.] *Hldn.*

Apparate und Stromrichter.

621. 316. 57. 064. 25 (73) **Die Ölschalter für die Boulder-Damm-Leitung.** — Die Entwicklung der letzten Jahre hat zur Übertragung großer Leistungen auf immer größere Entfernungen geführt. Die Stabilität solcher Leitungen erfordert Hochspannungsschalter mit sehr kurzen Abschaltzeiten. Die Mittel, mit denen solche kurzen Eigenzeiten bei Schaltern erreicht werden können, sind: Schnellauslösung, Kontakttrennung mit großer Geschwindigkeit und Vielfachunterbrechung mit gesteuerter Spannungsverteilung.

Für die Boulder-Damm-Leitung[1]) wurden Deion-Ölschalter für 287,5 kV Betriebsspannung und 2500 MVA Abschaltleistung entwickelt, die bei Kurzschluß innerhalb sechs Halbwellen (60 Hz) abschalten. Der Kessel eines jeden Schalterpoles hat einen Durchmesser von rd. 3 m und enthält ungefähr 29 000 l Öl. Die Gesamthöhe des Schalters beträgt rd. 9 m. Durch die Schnellauslösung beginnt der Hauptunterbrechungshebel bereits eine Halbwelle nach der Erregung der Auslösspulen zu arbeiten. Die Kontakte beginnen 1,5 Halbwellen später und brauchen drei Halbwellen bis zur vollständigen Öffnung. Jeder Schalterpol hat zwei Gruppen von je fünf, also insgesamt zehn Unterbrechungsstellen und zwei Trennstellen, die nach der Abschaltung die Kontakte von der Betriebsspannung entlasten. Jede Gruppe von fünf Unterbrechungsstellen ist von einem Isolierschirm mit Metalleinlagen umgeben, der eine gleichmäßige Spannungsverteilung auf die einzelnen Kontaktstellen bewirkt. Abb. 5 zeigt die Anordnung einer Gruppe von fünf Unterbrechungsstellen, die gleichzeitig geöffnet und geschlossen werden.

Die Deion-Kontakte sind grundsätzlich in der bisherigen Art ausgeführt. Nur der Schlitz ist kreisförmig statt gerade, und der Lichtbogen wird durch ein radiales Magnetfeld im Schlitz auf kupfernen Hörnern herumbewegt. Dieses Magnetfeld wird durch Spulen mit hoher Windungszahl erzeugt, die über jedes Endplattenpaar in entgegengesetzter Richtung gewickelt sind. Diese Spulen sind an die Lichtbogenhörner angeschlossen und führen also nur Strom, solange der Lichtbogen zwischen den Hörnern brennt. Der Lichtbogen wird von den Schalterkontakten durch das Magnetfeld einer in Reihe geschalteten zweiwindigen Spule auf die Hörner getrieben. Bei der Unterbrechung sehr kleiner Ströme wird dieses Abtreiben des Lichtbogens noch dadurch unterstützt,



A Durchführung
B Porzellanmantel
C Aluminiumkappe
D Luftöffnungen
E Beschleunigungsfedern
F fester Kontakt
G bewegl. Kontakt
H Kontakthebel
I Metalleinlagen
K elektrostatischer Schirm
L Schaltwelle
M Haupthebel
N Kontaktfinger

Abb. 5. Kontaktanordnung beim Deion-Ölschalter für 287 kV.

daß mittels eines kleinen Kolbens durch eine Öffnung des festen Kontaktes Öl in den Lichtbogen gepreßt wird. Der elektrostatische Schirm sorgt für eine sehr gleichmäßige Spannungsverteilung, wie Versuche gezeigt haben. Im ungünstigsten Fall beträgt die höchste Spannung an einer einzelnen Unterbrechungsstelle nur 27,1 kV, d. i. 10,9 % der Gesamtspannung, die an dem Schalterpole auftritt.

[1]) Vgl. ETZ 56 (1935) S. 766.

Digitized by Google

Der Schalter wurde nach Vorschrift 1 min lang mit 650 kV Wechselspannung bei offenen und geschlossenen Kontakten geprüft. Bei Stoßversuchen, die mit 2000 kV Stoßspannung (1,5 µs Stirnzeit) durchgeführt wurden, erfolgte die Entladung immer außen. Kurzschlußversuche wurden an einem Schalterpol durchgeführt, weil für die dreipolige Prüfung die Leistung der Prüfanlage nicht ausreichte. Auch die einpolige Prüfung konnte bei voller Spannung nur mit ¼ der Abschaltleistung des Schalters durchgeführt werden. Die Abschaltdauer betrug im Mittel hierbei fünf Halbwellen. Es wurden dann Versuche mit nur fünf Kontakten und halber Spannung vorgenommen, wobei der Schalter bei dieser Spannung Ströme über 5000 A, die der höchsten Abschaltleistung entsprechen, unterbrochen hat. Selbst bei einer Spannung von 264 kV am halben Schalterpol arbeitete der Schalter einwandfrei. Weitere Versuche an einzelnen Unterbrechungsstellen zeigten das hohe Maß von Sicherheit, das der Schalter hinsichtlich seiner Strom- und Spannungsgrenzen aufweist. Die einzelne Unterbrechungsstelle hat einerseits 8900 A bei der normalen Spannung von 22 kV und anderseits 1500 A bei 72 kV angelegter Spannung zufriedenstellend abgeschaltet. [H. M. Wilcox u. W. M. Leeds, Electr. Engng. 55 (1936) S. 626.] *dk.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 733. 029. 45 : 621. 319. 74 **Elektrostatische Abschirmung von Wechselstrom-Meßbrücken im Tonfrequenzbereich.** — Während der Aufbau von Meßbrücken für Wechselstrom mit einigen hundert Hz keine besonderen Schwierigkeiten verursacht, sind im gesamten Tonfrequenzbereich bereits erhebliche Vorsichtsmaßnahmen notwendig, um den Aufwand an Mitteln zur Erreichung einer Erhöhung der Meßgenauigkeit, wie sie etwa aus der Anzeige direkt zeigender Meßgeräte zu erhalten ist, zu rechtfertigen. Von besonderer Bedeutung ist hier eine zweckmäßig ausgeführte elektrostatische Abschirmung der einzelnen Schaltungsteile und ihrer Verbindungsleitungen. Th. Walcher gibt einen Überblick über die verschiedenartigen Abschirmungsverfahren für die Einzelteile (Widerstände, Induktionsspulen, Kondensatoren) und für die Gesamtanordnung von Wechselstrom-Brückenschaltungen. Nach einem Hinweis auf den Zweck der Abschirmung, die praktische Ausführung der Schirme, den Einfluß der Frequenz auf die Verwendungsmöglichkeit abgeschirmter Meßbrücken und nach einer kurzen Darstellung der Symbole für die Abschirmungen in Schaltbildern und Schaltplänen werden zunächst die allgemeinen Grundregeln zur Abschirmung zusammengestellt. Anschließend werden die Abschirmungsverfahren für die allgemeine Wechselstrombrücke (1. für reine Scheinwiderstände, 2. für Scheinwiderstände mit Erd-Scheinwiderständen) und für die allgemeine Andersonbrücke behandelt. Am Schluß der Arbeit werden andere Anwendungsarten der Abschirmung und die Abschirmung der Zusatzeinrichtungen (Stromquelle, Stromreiniger, u. U. Strom- und Spannungs-Meßeinrichtungen, Röhrenverstärker, Röhrenvoltmeter, Telephon usw.) beschrieben. Ein ausführliches Schrifttumsverzeichnis ist beigefügt. [Th. Walcher, Arch. techn. Mess. (1936) Lfg. 62, J 025-1.] *Ggr.*

538. 11. 083 **Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Koerzitivkraft.** — Zur raschen Bestimmung der Koerzitivkraft beliebig geformter Probestücke läßt sich zweckmäßig eine Abwandlung des früher bereits von Steinhaus angegebenen ballistischen Verfahrens verwenden. Die zu untersuchende Probe befindet sich im Innern einer Spule und kann mittels eines kleinen Schiebers in einer Prüfspule hin und her bewegt werden. Wird jetzt ein meßbar veränderliches Gegenfeld angelegt, so ist diejenige Feldstärke, bei der beim Bewegen der Probe kein Ausschlag induziert wird, d. h. die Magnetisierung verschwunden ist, die Koerzitivkraft. [C. W. Davis und Max Hartenheim, Rev. sci. Instrum. 7 (1936) S. 147.] *Kmn.*

Beleuchtung.

537. 525 : 621. 327. 3+ . 44 **Vergleich zwischen den Entladungsformen in Natrium- und Quecksilberdampflampen.** — Quecksilberdampflampen und Natriumdampflampen zeigen in mancher Hinsicht ein recht verschiedenes Verhalten. Um höchste Lichtausbeuten zu erzielen, werden in der Natriumdampflampe Dampfdruck, Stromdichte und Leuchtdichte möglichst klein gewählt, während bei Quecksilberdampflampen der Wirkungsgrad mit Dampfdruck, Stromdichte und Leuchtdichte wächst. In Zahlentafel 1 sind die Daten einer technisch ausgeführten Natriumdampflampe denen einer Quecksilber-Höchstdrucklampe (Versuchsrohr) gegenübergestellt.

Zahlentafel 1.

		Na	Hg
Druck	at	10^{-4}	200
Stromdichte	A/cm²	0,4	280
Querschnitt	cm²	1,43	0,0075
Leuchtdichte	I.K./cm²	10 ··· 20	180000
Dampftemperatur	°C	280	8600
Lichtausbeute	lm/W	68	78

Weitere Unterschiede bestehen darin, daß die Entladungsbahn in der Quecksilber-Höchstdrucklampe stark zusammengeschnürt ist, während sie bei der Natriumdampflampe den gesamten Querschnitt des Rohres ausfüllt. Die Quecksilber-Höchstdrucklampe wird durch strömendes Wasser gekühlt, die Natriumdampflampe ist dagegen zur Vermeidung von Wärmeverlusten in eine Art Dewar-Gefäß, einem doppelwandigen Vakuumkolben, eingebaut. Die Erklärung des verschiedenartigen Verhaltens des Natrium- bzw. Quecksilberdampfes ist durch den Atomaufbau der beiden Elemente gegeben. Beim Natriumatom liefert die Resonanzlinie das für die Natriumdampflampen kennzeichnende gelbe Licht (5890 u. 5896 Å). Die Strahlung höherer Übergänge ist vorwiegend infrarot. Beim Quecksilberatom dagegen liegt die Resonanzlinie im Ultraviolett, während das sichtbare Licht von höheren Übergängen stammt.

Die Resonanzlinie wird vorzugsweise ausgestrahlt bei geringeren Stromdichten und Gasdrucken. Die Anregung geschieht dann durch Stoß von Elektronen gegen Atome im Grundzustand. Die Resonanzlinie hat jedoch die besondere Eigenschaft, daß sie durch das Gas selbst stark absorbiert wird. Mit dieser Selbstabsorption braucht an sich noch kein Lichtverlust verbunden zu sein. Die Lichtquanten der Resonanzlinie werden nämlich nach Durchlaufen einer kurzen Strecke S von einem im Grundzustand befindlichen Atom aufgenommen, wobei das Atom selbst angeregt wird. Die absorbierte Energie wird von dem betreffenden Atom dann wieder als Strahlung der gleichen Wellenlänge ausgesandt. Bei einem Durchmesser des Entladungsrohres R erfährt das Lichtquant $Z = (R/S)^2$ Absorptionen und Reemissionen, bevor es das Rohr verläßt. Es kann nun vorkommen, daß ein Atom, das gerade ein Lichtquant der Resonanzlinie absorbiert hat, mit einem Elektron zusammenstößt und dabei in einen höheren Anregungszustand versetzt wird (schrittweise Anregung), oder daß das Atom seine Energie an das stoßende Elektron abgibt und ohne Strahlung in den Grundzustand zurückfällt (Stoß zweiter Art). In beiden Fällen erfährt die Resonanzstrahlung eine Schwächung. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein derartiger Zusammenstoß erfolgt, wird um so größer, je größer die Zahl der Absorption ist, d. h. je größer der Druck wird. Durch die schrittweise Anregung nimmt die Intensität der höheren Übergänge mit wachsendem Druck zu.

Bei den Natriumdampflampen bedeutet die Anregung höherer Zustände wegen des Auftretens unsichtbarer (infraroter) Linien Verluste. Man versucht daher, die Resonanzstrahlung möglichst stark zu machen und wendet zu diesem Zweck einen niedrigen Druck und eine geringe Stromdichte an. Die Grenze ist dadurch gegeben, daß die Wärmeentwickelung eine ausreichende Betriebstemperatur liefern muß. Bei der Quecksilberdampflampe dagegen muß die Anregung der ultravioletten Resonanzlinie vermieden und das Auftreten höherer Übergänge (sichtbare Linien) gefördert werden. Man versucht daher, Druck und Stromdichte möglichst hoch zu treiben. Die Grenzen sind durch die technisch beherrschbare Dampfspannung und Temperatur gegeben. [G. Heller, Philips techn. Rdsch. 1 (1936) S. 2 u. 70.] *M. W.*

Elektrowärme.

621. 365. 4. 036. 53 **Über den Betrieb mit elektrischen Strahlungsöfen.** — Die im Jahre 1932 entwickelten Strahlungsöfen (waagerechte Trommelöfen) zum Schmelzen von Metallen konnten insofern verbessert wer-

Digitized by Google

den, als es gelang, die elektrischen Verluste zu verringern und die Ofenauskleidung durch die Wahl eines Gemisches von Zirkonit und Tonerde haltbarer zu machen. Beim Schmelzen von nichtrostendem, sehr weichem Stahl stellte man für 100 kg Einsatz ein Ausbringen an Stahl von 98,45 kg, einen Arbeitsverbrauch von 600 kWh und einen Elektrodenabbrand von 108 g fest. Der bei 1690° gegossene Stahl enthielt weniger als 0,05 % Kohlenstoff, 8,07 % Nickel und 18,67 % Chrom. Auf einem anderen Werk arbeiten zwei Öfen von 250 kg Inhalt und 175 kVA wechselweise für die Herstellung verschiedener Gußeisensorten. Der Arbeitsverbrauch beträgt 500 bis 520 kWh/t, der Elektrodenabbrand 1 kg/t. Man gießt 300 kg/h Gußeisen bei einer Gießtemperatur von durchschnittlich 1435 °. Z. Z. sind 25 elektrische Strahlungsöfen in Betrieb, meistens zum Erschmelzen von Stahl und Gußeisen, in einigen Fällen auch von Nichteisenmetallen. [Rev. chauf. électr. 4 (1936) S. 142.] *Kp.*

621. 367 : 621. 78 **Elektrische Öfen für die Wärmebehandlung von großen Maschinenstücken.** — Große Maschinenstücke eignen sich für Wärmebehandlungszwecke weniger gut als kleine und mittelgroße Stücke, da es im allgemeinen schwerer ist, in entsprechend großen Öfen gleichmäßige Temperaturverhältnisse zu schaffen. Ein Werk in Nordfrankreich hat nun für diese Zwecke verschiedene elektrische Öfen vorgesehen, die bereits seit 5 Jahren vollkommen befriedigend arbeiten. Man behandelt in ihnen Achsen für Lokomotiven, Kurbelwellen für Dieselmotoren, Geschützrohre, Turbinenläufer u. a. m. Vorhanden sind vier elektrische Öfen senkrechter Ausführung, die Durchmesser von 1,1 bis 1,6 m und Höhen von 5,5 bis 8,5 m bei Leistungen von 300 bis 500 kW besitzen. Infolge der Wichtigkeit der Wärmebehandlung und der Erzielung der erforderlichen Eigenschaften bei den betreffenden Maschinenteilen hat man die Öfen mit selbsttätigen Temperatureinstellgeräten ausgestattet, so daß die Wartung der gesamten Ofenanlage nur von einem Mann ausgeführt wird. Meistens erfolgt die Wärmebehandlung mit Nachtstrom. Außer den selbsttätigen Einstellgeräten wurden auch Schreibgeräte vorgesehen, die die Ofenbedingungen aufschreiben, so daß der Betriebsleiter auch noch nachträglich den Gang der Öfen überprüfen kann. Eine Krananlage über den Öfen dient zur Förderung der zu behandelnden bzw. behandelten Maschinenstücke. [E. Gane, Rev. chauf. électr. 4 (1936) S. 116.] *Kp.*

Installation.

621. 315. 53 : 621. 791 **Offene Abzweigklemmen für Aluminiumkabel.** — Um die Vorteile des Weichlötens auch beim Abzweigen an ungeschnittenen Aluminium-Hauptkabeln zu ermöglichen, ferner durch Anwendung eines neuen Lötverfahrens eine bedeutend raschere und einwandfreie Montage zu erzielen, wurden die im folgenden näher beschriebenen offenen Abzweigklemmen entworfen. Wie aus der Abb. 6 ersichtlich, dient zur

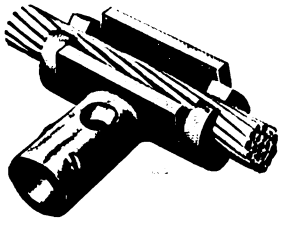


Abb. 6. Offene Kabelklemme, montiert.

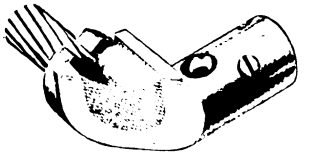


Abb. 7. Gelötete offene Kabelklemme im Schnitt.

Aufnahme des ungeschnittenen durchgehenden Hauptleiters der breite, offene Kanal. Die vom Hauptkörper getrennten seitlichen Lappen werden mittels Zange um den Leiter gebogen und geben somit der Klemme in jeder gewünschten Lage den notwendigen Halt zum Festlöten. Durch Verwendung von Al-Weichlötpaste ist keine besondere Vorbehandlung des blanken Al-Kabelstückes notwendig, es genügt, wenn die zu lötende Stelle mit Benzin von Kabeltränkmasse sauber gereinigt wird. Damit das Lötzinn nicht wegfließt, werden die seitlichen Enden mit Asbestband abgedichtet und der breite offene Kanal mit Paste gefüllt. Das beim Erwärmen zugegebene Alu-Lot fließt durch die Beizkraft der Paste bis in die inneren Adern des ungeschnittenen Kabels (Abb. 7) und ergibt eine Abzweigstelle, die als massiver Übergang einen guten Dauerkontakt bietet. Gegenüber dem Leiterquerschnitt ist der Querschnitt an der Lötstelle, auf denselben Raum bemessen, bedeutend größer; der Übergangswiderstand ist somit geringer als an dem entsprechenden Stück des Al-Kabels gemessen. Ein Lockerwerden ist ausgeschlossen, da die auftretenden Temperaturschwankungen auf die Lötstelle keinen Einfluß haben. Die offenen Kabelabzweigklemmen zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

1. Geringster Platzbedarf, daher Unterbringung in jeder Muffe.
2. Einwandfreie und rasche Montage ohne das zeitraubende Vorverzinnen der einzelnen Adern.
3. Löten an ungeschnittenen Hauptleitern durch besonders günstige Ausbildung der Klemme.
4. Jeder Einzeldraht des Kabels nimmt an der Stromübertragung teil.
5. Guter Dauerkontakt. *f.*

Flugwesen.

621. 398 : 629. 135 **Das Leitkabelverfahren.** — Der Gedanke einer Leitkabelführung von Flugzeugen ist an sich schon früher ausgesprochen worden. Die praktische Ausführung scheiterte jedoch bisher an dem Mangel geeigneter Verfahren. Das Prinzip der Leitkabelführung ist dabei folgendes: Ein einadriges Luft- oder Erdkabel wird längs des Weges, den das Flugzeug überfliegen soll, ausgelegt. Das eine Ende liegt an Erde, das andere ist mit einem Tonfrequenzgenerator verbunden. Das Flugzeug, das geleitet werden soll, ist mit einer Rahmenanlage und anschließendem Tonfrequenzverstärker ausgerüstet. Es kann seinen Kurs überwachen, so lange es sich über dem Kabel befindet, aber keine Seitenbestimmung vornehmen, falls es vom vorgeschriebenen Weg abweicht. Ohne ein praktisch brauchbares Verfahren zur eindeutigen Seitenbestimmung ist es deshalb nicht möglich, das Kabel als Leitkabel für Flugzeuge zu benutzen. Aber die Notwendigkeit, längs der zu überfliegenden Strecke ein Kabel auszulegen, läßt schon aus diesem Grunde das Leitkabelverfahren gegenüber der in Deutschland verwendeten Hochfrequenz - Bakenbefeuerung zurücktreten, wobei neben wirtschaftlichen auch verkehrstechnische und militärische Gesichtspunkte eine Rolle spielen.

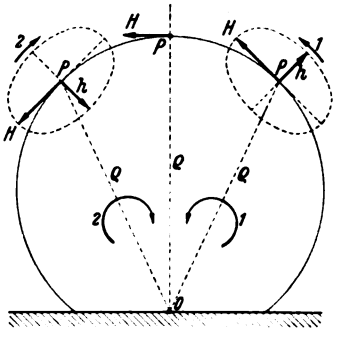


Abb. 8. Darstellung des elliptischen Feldes und seiner Drehrichtung (0 Kabelspur).

E. Fromy hat nun versucht, auf Grund einer genaueren Kenntnis des Kabelfeldbildes ein brauchbares Seitenbestimmungsverfahren zu entwickeln. Die von E. Fromy dargelegten theoretischen Ausführungen bauen auf einer Arbeit von C. Bourgonnier auf[1]). In dieser ist für ein parallel zum Erdboden ausgelegtes und mit Wechselstrom gespeistes Kabel das elektromagnetische Feldbild sehr genau untersucht worden. C. Bourgonnier kommt zu dem Schluß, daß der Einfluß der in den Erdboden induzierten Ströme auf das Feld sich rechnerisch erfassen läßt, wenn man diese durch ein gedachtes Kabel ersetzt, das unter dem wirklichen Kabel in einer Entfernung liegt, die durch eine komplexe Zahl gegeben ist. Diese Vereinfachung gilt nur angenähert, ist aber praktisch brauchbar, sobald man sich genügend vom Kabel entfernt, und hat außerdem den Vorteil, daß sich dadurch die Feldverteilung mittels elementarer Rechenoperationen bestimmen läßt. Diese Erkenntnisse macht sich E. Fromy zunutze und beschreibt in seiner Arbeit, wie es auf Grund der vereinfachenden Annahme C. Bourgonniers möglich ist, die

[1]) C. Bourgonnier, Rev. Gén. Électr. 36 (1934) S. 643.

Digitized by Google

Schwierigkeiten bei der praktischen Entwicklung des Leitkabelverfahrens zu beheben. Im ersten Teil des Aufsatzes leitet E. Fromy die Grundgrößen des Kabelfeldes her und zeigt, daß man es mit einem elliptischen Feld zu tun hat, dessen Drehrichtung sich über der Kabelsenkrechten umkehrt (Abb. 8). Der Verfasser gibt Formeln an, die es gestatten, in jedem Punkt sowohl die Größe des Feldes als auch seine elliptische Form zu berechnen. Dazu führt er bestimmte Abkürzungsfaktoren ein, die sich leicht aus einfachen Gleichungen bestimmen lassen.

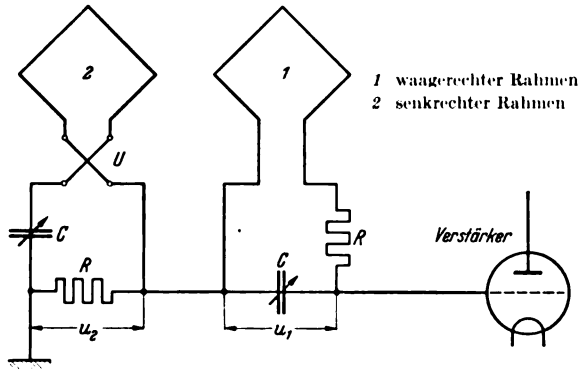


Abb. 9. Schaltung des Doppelrahmenempfängers.

Im zweiten Teil werden die durchgeführten Versuche in Chartres und Bourget beschrieben. Um eine Seitenbestimmung durchführen zu können, genügt es, die Drehrichtung des Feldes festzustellen. Die benutzte Anordnung besteht daher im wesentlichen aus zwei vollkommen gleichen Rahmen von 50 cm Seitenlänge, von denen der eine senkrecht in der Flugzeugsymmetrieebene liegt, der andere waagerecht. Durch Drehkondensatoren können die einzelnen Rahmen abgestimmt werden. Sie werden so in Reihe an den Eingang eines Verstärkers gelegt, daß zwischen den auf den Verstärkereingang wirkenden Spannungen eine Phasenverschiebung von 90 ° besteht. Die Schaltung ist in Abb. 9 dargestellt. In den Rahmenkreisen liegen außerdem noch ohmsche Widerstände *R*, die bei Resonanzabstimmung den Blindwiderständen der Kondensatoren *C* entsprechen. Vorausgesetzt, daß durch beide Rahmen der gleiche Fluß geht, sind die Spannungen u_1 und u_2 gleich groß. u_2 ist dabei in Phase mit der im Rahmen induzierten EMK, während u_1 um 90 ° nacheilt. In den Rahmenkreis *2* ist ein selbsttätiger Umschalter *U* eingeschaltet, der die Anschlüsse des Rahmens *2* im Zeitmaß eines Morsezeichens umpolt. Zur Erklärung der Wirkungsweise wird jetzt am einfachsten angenommen, daß die Rahmen *1* und *2* so rechtwinklig zueinander stehen, wie es Abb. 10 zeigt. Die Drehrichtung des magnetischen Feldes sei durch den Pfeil *1* angegeben. Da dann der Rahmenfluß von *1* um 90 ° dem von *2* voreilt, sind also die Spannungen u_1 und u_2 für eine Stellung des Umschalters *U* in Phase, für die andere in Gegenphase. Man hört somit entsprechend dem Arbeitstakt des Umschalters in der Stellung der Phasengleichheit von u_1 und u_2 als lautes Signal, z. B. das Zeichen „*A*“. Kehrt sich nun die Drehrichtung des Feldes um, so ist das Gegenzeichen — also *N* — laut hörbar. Da aber beim Überschreiten der Kabelsenkrechten die Drehrichtung des erzeugten Feldes sich umkehrt, ist damit die Möglichkeit gegeben, eine eindeutige Seitenbestimmung durchzuführen. Fliegt das Flugzeug genau über dem ausgelegten Kabel, so ist nur ein Dauerton wahrnehmbar. Bei den Versuchen wurde die Frequenz des Wechselstromes zwischen 400 Hz und 1000 Hz verändert, wobei sich die Frequenz 800 Hz als besonders geeignet erwies. Die Stromstärke betrug 5 A. Das Versuchskabel war in 6 m Höhe über dem Erdboden ausgelegt. — Bisher wurde vorausgesetzt, daß die 90 °-Bedingungen genau erfüllt waren. Sobald dies jedoch nicht mehr der Fall ist, treten in der Ortsbestimmung des Flugzeuges Schwierigkeiten durch sog. „Falsche Kabel“ auf. Man ist aber in der Lage, diese Schwierigkeiten zu umgehen, und bei allen durchgeführten Versuchsflügen konnte eine ausreichende Ortsbestimmung erzielt werden. [E. Fromy, Rev. Gén. Électr. 39 (1936) S. 275 u. 313.] *Mhg.*

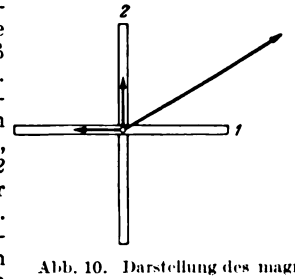


Abb. 10. Darstellung des magnetischen Drehfeldes in bezug auf die Rahmen.

Elektrische Antriebe.

621. 34 : 621. 365. 4 : 666. 1/2 **Tischförderer für elektrische Glas-Glühöfen.** — Das Glas besitzt nach seiner Herstellung und Abkühlung noch Innenspannungen, die man durch Glühen beseitigen muß. Für elektrische Durchlauföfen zum Glühen von Glas hat man Tischförderer gebaut, die sowohl den jeweiligen Ofentemperaturen zu widerstehen vermögen, als auch das Glas schnell und ohne Bruch durch den Ofenglühraum fortbewegen. Der Fördertisch besteht im wesentlichen aus zwei Stahlbalkenreihen, die auf kleinen Exzenterscheiben ruhen und von diesen hochgehoben bzw. gesenkt werden. Während die eine Balkenreihe oben ist und das Fördergut bewegt, befindet sich die andere Balkenreihe unten, um dann ihrerseits von den dazugehörigen Exzenterscheiben erfaßt und bewegt zu werden, während die erste Reihe sich senkt usw. Das Spiel wiederholt sich ständig, so daß das Glas durch die ganze Ofenlänge fortbewegt wird. Die Durchlaufgeschwindigkeit läßt sich bequem einstellen, man kann sogar die Geschwindigkeit des Fördertisches so einstellen, daß gleichzeitig leichte und schwere Gegenstände geglüht werden können. Der geringe Arbeitsverbrauch von 20 bis 25 kWh je t Glas rechtfertigt die Verwendung der elektrischen Öfen mit mechanischem Tischförderer für diesen Zweck; in manchen Fällen (z. B. bei der Behandlung von Weinflaschen) kam man bereits mit einem Verbrauch von 8 bis 10 kWh/t aus. [Rev. chauf. électr. 4 (1936) S. 128.] *Kp.*

621. 34. 025. 3 : 621. 6 **Drehstrom-Nebenschlußmotor zum Antrieb von Zentrifugen.** — Der Antrieb großer, raschlaufender Zentrifugen durch Drehstrom-Nebenschlußmotoren (Schrage-Motoren) bringt gegenüber dem normalen Induktionsmotor erhebliche Vorteile. Außer Energieersparnis ist beim Drehstrom-Nebenschlußmotor die bedeutend gleichmäßigere Stromaufnahme hervorzuheben. Ebenso erfolgen Anfahren und Bremsen mit konstantem oder nahezu konstantem Drehmoment. Die beim gewöhnlichen Drehstrommotor auftretenden hohen Stöße werden vermieden. Bedient wird der Drehstrom-Nebenschlußmotor entweder vollselbsttätig durch Zeitrelais oder auch durch Druckknöpfe zur Einleitung der einzelnen Phasen des Arbeitsvorganges. Die Abneigung vor der Anwendung von Stromwendermotoren ist nicht mehr berechtigt, da heute Wechselstrom-Stromwendermotoren ebenso mit funkenfreiem Lauf gebaut werden wie Gleichstrommaschinen. Der höhere Anschaffungspreis wird durch ersparte Betriebskosten wieder ausgeglichen. [Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 378.] *v. Mb.*

Fernmeldetechnik.

621. 32+621. 38 : 654. 9 **Lichttelephonie.** — Die Lichttelephonie hat gegenüber der Lichttelegraphie den Vorzug der unmittelbaren Verständigung und damit eines wesentlichen Zeitgewinns. Der Lichtmodelung mit mechanischen oder elektrischen Mitteln (schwingende Blende oder Kerrzelle) haften Nachteile an, die durch die Modelung der Lichtquelle selbst vermieden werden.

Bei dem beschriebenen Verfahren befindet sich auf der Sendeseite eine Glühlampe im Brennpunkt eines Hohlspiegels. Die Lampe wird mit Gleichstrom gespeist. Ihre Lichtstärke wird mit einem dem Gleichstrom überlagerten und verstärkten Mikrophonstrom gemodelt. Eine Rechnung ergibt, daß bei der Modelung mit der Grundschwingzahl ω auch die doppelte Grundschwingzahl $2\,\omega$ auftritt. Der Anteil dieser ersten Oberschwingung ist bei vollständiger Modelung (d. h. das Verhältnis der Wechselstromschwingweite zur Gleichstromschwingweite ist gleich 1) mit 25 % der Gesamtenergie recht beträchtlich. Die Lichtstärke und damit in erster Näherung die Heizfadentemperatur muß mit der Grundschwingzahl schwanken. Bei gleicher Heizfadenstärke sind die Temperaturschwankungen umgekehrt proportional der Schwingzahl, bei gleicher

Digitized by Google

Schwingzahl umgekehrt proportional der Heizfadenstärke als Folge des Wärmeinhalts des Glühfadens. Gasfüllungen der Sendelampe verbessern die Modelfähigkeit erheblich: Die Temperaturschwankungen wurden bei Stickstoffüllung dreimal, bei Wasserstoffüllung 10mal so groß. Verwendung findet eine Lampe mit möglichst kleinem Heizfaden von 3 W Gleichstromleistung. Zur vollen Modelung genügen also 1½ W. Diese Leistung wird durch eine Doppeltriode gesteuert.

Auf der Empfangsseite wird die Sendelampe auf einer Photozelle abgebildet. Der Photostrom wird verstärkt einem Fernhörer zugeführt. Die Verstärkung hat ihre Grenze im Rauschen des Verstärkers, das schließlich die Sendesignale übertönt. Fremdes Licht, das auf die Photozelle gelangt, erhöht ebenfalls das Rauschen. Durch Verwendung großer Linsen (etwa 40 cm Brennweite) mit richtiger Abblendung des Fremdlichtes an der Photozelle läßt sich diese Störung auf den Mindestwert beschränken. Die Empfangsgüte steigt ebenfalls, wenn die Schwingzahlen über 2500 Hz nicht mehr verstärkt werden.

Mit einem solchen Lichttelephoniegerät mit Hohlspiegeln von 13 cm Durchmesser gelang mit weißem Licht eine gute Verständigung über 4,5 km und mit rotem (fast unsichtbarem) Licht über 3 km (etwa 30 % Verlust). Dabei wurde eine neuzeitliche Zäsiumphotozelle verwendet. Bei Nebel ist die Herstellung der Verbindung schwierig; die überbrückte Entfernung wird nicht angegeben.

Leider ist die Lichttelephonie nicht unabhängig von Witterungseinflüssen. Sie hat aber den Vorzug einer sehr scharfen Strahlungsbündelung, so daß sich beim Vergleich mit Kurzwellentelephonie der Vorteil der besseren Geheimhaltung ergibt.

Anmerkung des Ber.: Rolla und Mazza haben 1930 mit sprechender Bogenlampe von 75 bis 100 W Leistung mit dem Rotanteil der Strahlung bei guter Sicht 18 km überbrückt. Das Verhältnis der aufgewandten Energien spricht also zugunsten des beschriebenen Verfahrens. [J. W. L. Köhler, Philips techn. Rundsch. 1 (1936) S. 152.] *Otb.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 3. 015. 34 : 621. 315. 1 **Wanderwellen an unsymmetrischen Leitungen.** — Mit Hilfe des Kathodenstrahl-Oszillographen ist bewiesen worden, daß Wanderwellen sich längs einer Freileitung in hohem Maße dem theoretischen Verlauf anpassen. Die Spannung wurde immer zwischen den Leitungssträngen gemessen. Für die Beurteilung mancher Fragen ist es jedoch wichtig, den Spannungsverlauf zwischen den einzelnen Leitern und Erde zu kennen. Für die von C. Flaam durchgeführten Versuche stand eine Freileitung von 75 m Länge mit den Leitern *A* und *B* zur Verfügung (Abb. 11). Als Spannungsquelle

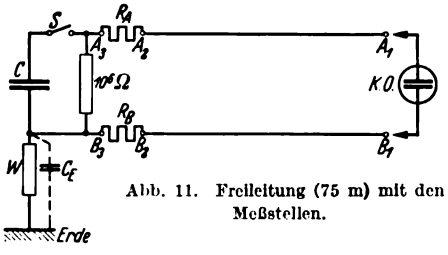


Abb. 11. Freileitung (75 m) mit den Meßstellen.

diente ein Kondensator *C*, der über einen Hochohmwiderstand *W* ($10^6\,\Omega$) geerdet war. Die Spannungsmessung zwischen den Leitern zeigt bei einer Wanderwelle und einer unendlichen Welle eine weitgehende Symmetrie. Die Wellenstirn des Leiters *B*, der mit dem über *W* geerdeten Kondensatorbelag verbunden war, weist eine Abflachung auf. Diese ist auf die Erdkapazität des Kondensators *C* zurückzuführen, was durch Versuche bewiesen wird.

Bei unmittelbarer Erdung eines Belages des Kondensators *C* hat die unendliche Welle wiederum den bekannten Verlauf. Die Einzelmessung der Leiter gegen Erde zeigt, daß auf dem Leiter *B*, der an den geerdeten Kondensatorbelag angeschlossen war, ein lebhaftes Spannungsspiel einsetzt. Die Spannung auf dem Leiter *A* wird sogar über die Schaltspannung hinaus erhöht. Die Dauer dieses Spannungsspieles ist gleich der Einschwingzeit der Freileitung. Die Größe ist durch die Wellenwiderstände (Z_{AB}) der Leiter gegeneinander und der Leiter gegen Erde (Z_{AE} und Z_{BE}) bedingt. Die Spannung des Leiters *B* gegen Erde (Abb. 12) ist z. B.: $U_B = I_A \cdot Z_{AB} + I_B \cdot Z_{BE}$.

Abb. 12. Spannung B_1 gegen Erde.

Die Auswertung der Gleichung ergibt, daß der am geerdeten Kondensatorbelag abfließende Strom zum größten Teil in die Erde fließt und nur zu einem geringen Teil in den Draht *B* eindringt.

Die Aufnahme einer einfachen Wanderwelle bei unmittelbar geerdetem Kondensatorbelag zeigt den bekannten Verlauf. Die Leiter *A* und *B* schwingen jedoch gegen Erde, und zwar in der Frequenz der Schwingung der beiden Leiter. Die Messung zwischen den Leitern und Erde zeigt ein lebhaftes Wellenspiel, das bis zum Abklingen des Einschwingvorgangs dauert. Aus den Versuchen ist ersichtlich, daß das Ende der geerdeten Leitung *B* erheblichen Spannungsschwankungen ausgesetzt ist (Abb. 13).

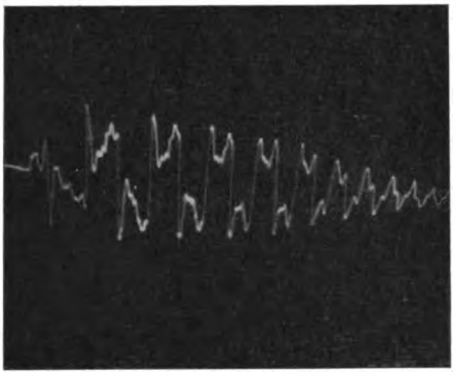


Abb. 13. Spannung gegen Erde an B_1, wenn die Leitung *B* am Anfang unmittelbar geerdet ist.

Ferner wird nachgewiesen, daß auch der zweite Leiter *A* in merklich veränderter Form schwingt. Die beiden Schwingungen ergeben übereinander gedeckt in der Differenz die Ordinaten der Wanderwellenschwingung zwischen den beiden Leitern *A* und *B*. Physikalisch kann der Vorgang so erklärt werden, daß sich über die gewöhnliche Wanderwellenschwingung der Leiter *A* und *B* noch eine Schwingung überlagert, die beide Leiter gegen Erde ausführen. Die Versuchsergebnisse werden rechnerisch erläutert. [C. Flaam, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4, S. 251.]

Hochspannungstechnik.

621. 315. 2 : 621. 317. 333. 1 **Prüfungen mit hochgespanntem Gleichstrom in Kabelnetzen.** — Bei Überlegungen über die Erhöhung der Betriebsspannung eines Hochspannungskabelnetzes von 5,5 kV auf 11 kV trat die Frage auf, ob diese Spannungserhöhung den vorhandenen Kabeln zugemutet werden könne. Es handelte sich um Gürtelkabel für eine Nennspannung von 5,5 kV mit Isolationsstärken von 4,6, 5,1 und 6,1 mm Leiter/Leiter und Leiter/Blei. Die Kabel kamen in den Jahren nach 1906 in Betrieb, die Spannungserhöhung erfolgte ab 1932. Die Kabel mit 4,6 mm Isolation wurden ausgeschieden; diejenigen mit 5,1 mm Isolation haben runde Leiter, stammen aus den Jahren nach 1918 und sind folglich nach besseren Arbeitsverfahren hergestellt. Sie haben sich seit der Spannungserhöhung gut bewährt, während die Kabel mit 6,1 mm Isolation sektorförmige Leiter mit sehr kleinen Krümmungsradien besitzen und zu Durchschlägen neigen. (Anm. d. Ber.: Kabel für 11 kV nach VSK 28 besitzen ver-

Digitized by Google

gleichsweise eine Isolationsstärke von etwa 6,0 mm.) Die Kabel liegen größtenteils in Holztrögen mit Bitumenausguß, wenige in Rohren; ein Einfluß der Verlegungsart auf die Neigung zu Durchschlägen konnte übrigens nicht festgestellt werden. Von beiden Kabelarten sind heute etwa je 35 km in Betrieb. Sie wurden vor der Spannungssteigerung geprüft und werden laufend mit hochgespanntem Gleichstrom überwacht. Die Höhe der Prüfspannung legte man durch einige Versuche auf 50 kV Leiter/Leiter und Leiter/Mantel fest. Mit Rücksicht auf Muffen wurde später die Prüfspannung Leiter/Mantel auf 35 kV ermäßigt. Beschädigungen des gesunden Kabels als Folge der Prüfungen sind im Laufe der Jahre nicht beobachtet worden. Die Prüfspannung wird einmal zwischen die drei Leiter und den Mantel, danach zwischen je zwei Leiter gelegt und so gesteigert, daß nach 1 min ihr Endwert erreicht ist. Bei den letzten Prüfungen blieb die Spannung nur 1 min auf diesem Wert, weil die meisten Durchschläge bereits bei der Spannungssteigerung auftraten. Nach Erreichen des Spannungshöchstwertes wurde der Isolationsstrom beobachtet. [Anm. d. Ber.: Die VSK[1]) sehen für die kurzzeitige Prüfung nach der Verlegung von Kabeln für 11 kV eine Gleichspannung von 46 kV während 1 min vor.] Die Prüfungen werden alle sechs Monate wiederholt, da die Erfahrung zeigte, daß bereits etwa sechs Monate nach den Prüfungen wieder Betriebsdurchschläge auftraten. Weiter hat sich ergeben, daß die Zahl der bei den Prüfungen auftretenden Fehler je Jahr nicht abnimmt. [Anm. d. Ber.: Aus der Veröffentlichung geht die Ursache der Durchschläge nicht klar hervor.] Immerhin ist die Zahl der Betriebsstörungen von 0,09 auf 0,03 je Jahr und km als Folge der regelmäßigen Prüfungen zurückgegangen. Die Prüfung und Fehlerbeseitigung kostet im Jahr etwa 1500 £, so daß sie im Vergleich zur Kabelauswechslung, die etwa 100 000 £ kostete, wirtschaftlich gerechtfertigt ist. [C. Kibblewhite, I. Instn. electr. Engr. 79 (1936) S. 82.] *Ksr.*

621. 3. 014. 4. 001. 4 **Experimentelle Untersuchungen der Koronaentladung in Luft, Wasserstoff und Kohlensäure.** — An koaxialen Zylinderelektroden wurden Sprüh-Anfangsspannungen und Verluströme bei Gleichspannung sowie bei nieder- und hochfrequenter Wechselspannung (50, 500. 500 000 und 900 000 Hz) ermittelt. Als innere oder Sprühelektrode wurden Silberdrähte von 0,08 bis 0,2 mm Dmr. verwandt. Die Versuche wurden in Luft, Wasserstoff und Kohlensäure bei verschiedenen Gasdrucken (100 bis 700 Torr) ausgeführt. Ein besonderes Gepräge erhielten die Untersuchungen mit Wechselspannung. Die positive und negative Entladung wurden durch besondere Versuchsanordnung getrennt gemessen. Unter negativer Sprühanfangsspannung sei hier die Spannung verstanden, bei der zuerst ein Strom negativer Träger in der Richtung vom Sprühdraht zur äußeren Zylinderelektrode gemessen wird. Um den Strom beider Vorzeichen gesondert zu messen, befand sich der Sprühdraht axial in zwei koaxialen Zylindern, von denen der innere gitterförmig durchlöchert war. Durch Anlegen eines Hilfspotentials zwischen Gitterelektrode und Außenzylinder wurde je nach Richtung desselben der negative oder positive Strom gemessen.

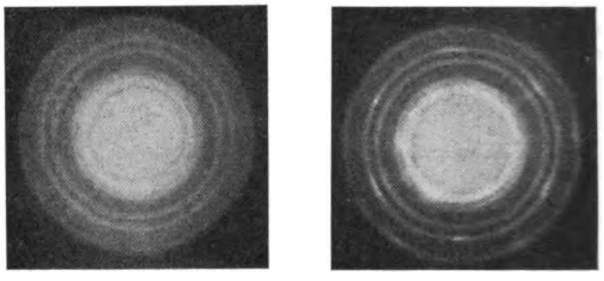
Die Ergebnisse sollen hier nur ganz kurz zusammengefaßt werden. Bei Gleichspannungskorona lag die Sprühanfangsspannung bei positivem Draht in Luft tiefer, in CO_2 und H_2 höher als bei negativem Draht. Die größten Polarisationsunterschiede traten in CO_2 auf. Bei den Wechselentladungen ist bemerkenswert das Verhalten des positiven Sprühstromes, der in jedem der drei Gase verschiedene kennzeichnende Merkmale hatte. In H_2 liegen alle positiven Sprühanfangsspannungen über den entsprechenden negativen. Bei Hochfrequenzversuchen war kein meßbarer positiver Sprühstrom festzustellen. In CO_2 lag der positive Einsatz bei 50 Hz unter dem negativen, bei 500 Hz fiel er bei kleinen Drucken mit dem negativen zusammen, stieg bei etwa 260 Torr aber plötzlich über den negativen Einsatz und konnte bei noch höheren Drucken nicht mehr festgestellt werden. Bei Hochfrequenz gab es wieder keinen positiven Sprühstrom. In Luft hatten die 50 Hz-Versuche ein ähnliches Ergebnis wie in CO_2. Ein 500 Hz-Einsatz war hier bei allen Drucken zu messen; wohl trat auch hier die positive 500 Hz-Anfangsspannung bei den höheren Drucken etwas über den positiven 50 Hz-Einsatz. Ein positiver Hochfrequenzeinsatz war auch hier nicht zu messen.

Die Abweichungen in den drei Gasen erklären sich aus der verschiedenen Ionenbeweglichkeit der positiven und negativen Ladungsträger. Während der Zeit eines Wechsels gelangen bei höheren Wechselstromperioden die langsameren positiven Träger bei den schwereren Gasen nicht zur Gegenelektrode, wandern vielmehr nach einer Halbperiode zurück, während die schnelleren negativen Träger zur Zylinderelektrode gelangen. Aus dem Ausbleiben der positiven Entladung bei Hochfrequenz ist zu schließen, daß der Unterschied zwischen der positiven und negativen Ionenbeweglichkeit ein erheblicher sein muß, und daß selbst bei Hochfrequenz die negativen Träger während einer halben Periodendauer von einer Elektrode zur andern wandern. Aus Zeit und Weg ist dann zu schließen, daß ein wesentlicher Teil des negativen Entladungsstromes auch bei dem Druck nahe einer Atmosphäre von freien Elektronen getragen wird. [O. Daubenspeck, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 9, S. 581.]

[1]) VDE 0255/1934.

Werkstatt und Baustoffe.

537. 531 : 620. 179 **Praktische Anwendungen der röntgenographischen Materialuntersuchung.** — In der Arbeit werden nur Anwendungen der Feinstrukturuntersuchung — nicht das Aufsuchen von Fehlern in Schweißnähten, Gußteilen usw. — beschrieben. Die Anwendung der Röntgenstrahlen zu Feinstrukturzwecken erfordert keine umfassenden theoretischen Kenntnisse. Es genügt zu wissen, daß Röntgenstrahlen von einheitlicher Wellenlänge (monochromatische Strahlung) an den Ebenen, die



a b

a Eine Stelle, die später beim Brennen sich nicht verformte
b Eine Stelle, die sich später beim Brennen verformte
Die Stoffe waren chemisch identisch (gleiches Ringsystem), jedoch zeigt b Textur (bevorzugte Kristallrichtung).

Abb. 14. Tauglichkeitsprüfung von Speckstein vor dem Backen.

durch die regelmäßige Anordnung der Atome in Kristallen gebildet werden, in bestimmten Richtungen reflektiert werden. Dadurch entstehen bei Durchstrahlung eines Kristalls auf einem Röntgenfilm außer der Schwärzung durch den durchgehenden Strahl an bestimmten Stellen Flecke, die bei regelloser Lagerung vieler Kriställchen Ringe bilden. Sind die Kriställchen dagegen bevorzugt in einer Richtung gelagert (Textur), so entstehen als Mittelding zwischen Ring und Fleckensystem Ringe mit Verdickungen. Benötigt wird zur Untersuchung ein besonderes Röntgengerät: Hochspannungsgenerator, Röntgenröhre und Röntgenkamera. Letztere ist meist ein zylindrischer Behälter, an dessen Innenwand der Film befestigt ist. In seiner Mitte befindet sich der drehbare Halter auf dem (gegebenenfalls in einer dünnen Kapillare) einige zehntel Gramm der Probe befestigt werden. Bei größeren Proben (Werkstückflächen) benutzt man Kameras mit ebenem Film, der von der reflektierten Strahlung getroffen wird.

Mit solchen Geräten ist es ohne weiteres möglich, das Anwendungsgebiet der Röntgenfeinstrukturuntersuchung vom Laboratorium auf die Werkstätte auszudehnen. In der Arbeit sind mehrere Anwendungsbeispiele gebracht, von denen hier das Beispiel der Tauglichkeitsprüfung von Speckstein vor dem Backen (Abb. 14) gezeigt wird. [W. G. Burgers, Philips techn. Rundsch. 1 (1936) S. 29, 60 u. 75.] *W. Et.*

Digitized by Google

621. 316. 84 : 669. 018 **Das Kanthal, eine Legierung für elektrische Widerstände.** — Das Kanthal ist eine aus Chrom, Kobalt, Aluminium und Eisen bestehende Legierung, die sich durch ihren elektrischen Widerstand und ihre Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation und schwefelhaltige Gase bei hohen Temperaturen auszeichnet. Im Vergleich zu den für elektrische Widerstände verwendeten Nickel-Chrom-Legierungen ist das Kanthal bei hohen Temperaturen zäher. Die günstigeren elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Kanthals im Vergleich zu Nickel-Chrom läßt auch ein geringeres Gewicht des Kanthals zu. Man verwendet das Kanthal mit Erfolg in Öfen für die Wärmebehandlung von Stahl und Nichteisenmetallen, in Emaillier- und keramischen Öfen. Besondere Erfolge wurden in Öfen für die Wärmebehandlung von nichtrostenden Stählen austenitischen Gefüges erzielt; diese Arbeit bedingt eine Erwärmung der Werkstücke auf 1100 bis 1150 °. Ein großes amerikanisches keramisches Werk hat seine bisher mit Kohlen betriebenen Öfen auf die elektrische Heizung unter Einbau von Widerständen aus Kanthal umgestellt. Hervorzuheben ist die lange Haltbarkeit des Kanthals und die Sicherheit des Ofenbetriebes auch bei hohen Temperaturen. [Rev. chauf. électr. 4 (1936) S. 184.] *pk.*

621. 357. 1 : 620. 179 : 669. 14 **Elektrolytische Bestimmung der nichtmetallischen Einschlüsse in den Stählen.** — Die bisherige elektrolytische Bestimmung der nichtmetallischen Einschlüsse ist mit dem Nachteil der Bildung von Eisenhydroxyd während der Elektrolyse verbunden. Man kann zwar dieses Hydroxyd mit Säuren auswaschen, doch besteht dabei die Möglichkeit der Auflösung eines Teiles der zu bestimmenden Verunreinigungen. Dieser Fehler der Eisenhydroxydbildung wird durch Verwendung von zwei Anoden und einer Kathode vermieden. Die eine Anode wird durch die Stahlprobe selbst gebildet und ist löslich, die andere ist aus Graphit und unlöslich. Die drei Elektroden sind konzentrisch angeordnet, indem um die aus der Stahlprobe befindliche eine Anode die Kathode in Form eines zylindrischen Netzes aus Nickel-Chrom und um diese wiederum die zweite Anode in Form eines Graphitgefäßes angeordnet sind. Der Elektrolyt besteht aus 20 g kristallisierter Zitronensäure, 100 cm³ Soda, 1 g Kaliumjodid auf 1 l Wasser. Man führt die Elektrolyse mit einer Stromstärke von 1 A aus. [O. L. Bihet, Vortrag, gehalten am 28. 9. 1935 auf dem 15. internat. Kongreß f. industrielle Chemie.] *Kp.*

Verschiedenes.

621. 3. 025 : 612. 1 **Einfluß der Frequenz bei elektrischen Schlägen.** — Die Frequenzabhängigkeit bei der Einwirkung elektrischer Ströme auf den menschlichen und tierischen Körper ist seit langer Zeit bekannt und Hochfrequenzströme werden therapeutisch in zunehmendem Maße

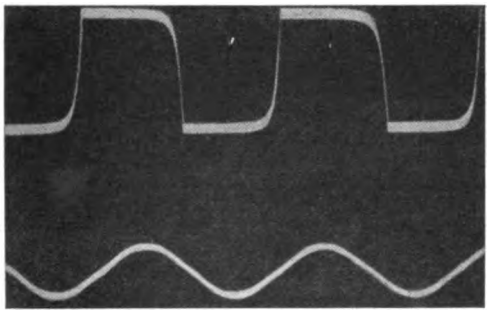


Abb. 15. Verlauf des 60 Hz-Stromes.

benutzt. Kouwenhoven, bekannt durch seine physiologischen Arbeiten und Tierversuche, hat nun die unterschiedlichen Wirkungen niederfrequenter Ströme, und zwar zerhackten Gleichstrom und Wechselstrom, bis zu einem Frequenzbereich bis etwa 1200 Hz untersucht. Der zerhackte Gleichstrom hatte die in Abb. 15 wiedergegebene Kurvenform bei 60 Hz. Der Mittelwert des hierbei durch das Herz fließenden Stromes wurde an einem Milliamperemeter abgelesen. Der Effektivwert des durch das Herz fließenden Wechselstromes wurde mit Hilfe eines Kupferoxydgleichrichters und eines Gleichstrominstrumentes gemessen. Die Dauer einer jeden Stromeinwirkung betrug genau 2 s. Zu den Versuchen wurden narkotisierte Hunde benutzt, denen der Brustkorb geöffnet war. Die Elektroden bestanden aus zwei kleinen Nadeln von 3 mm Länge in festem Abstand von 2 mm voneinander. In den Herzbeutel des Tieres wurde an der Herzspitze ein kleiner Schlitz gemacht, durch den die Elektroden in die Herzspitze genau 2 mm tief eingestochen wurden.

Zunächst wurde bei vorher bestimmter Frequenz während der Einwirkung die Stromstärke gemessen. Genügte diese nicht, um Herzflimmern zu erzeugen, so wurde die Frequenz geändert. Reichte bei keiner der verwendeten Frequenzen der Stromwert aus, so wurde die Stromstärke um 0,1 mA erhöht. Sobald ein Stromwert bei gegebener Frequenz dauerndes Flimmern erzeugte, wurde, um den Tod des Tieres zu verhindern und es für weitere Versuche benutzen zu können, das Herzflimmern durch einen erneuten Schlag „counter shok" (c. s.) behoben. War der Herzschlag wieder regelmäßig, wurde am gleichen Tier bei gleicher Stromstärke aber anderer Frequenz ein neuer Versuch durchgeführt. Mehrfach flimmerte das Herz während der 2 s Einwirkung, um nachher sofort weiter zu schlagen. Diese Fälle wurden nicht berücksichtigt.

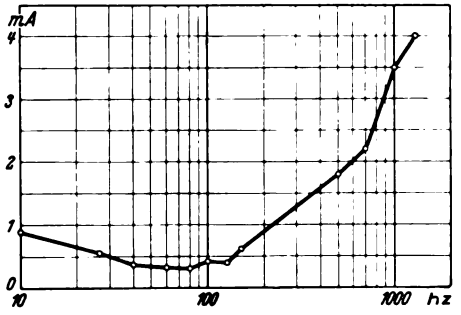


Abb. 16. Mittelwerte des das Herzflimmern hervorrufenden Stromes.

Die Ergebnisse der Versuche mit zerhacktem Gleichstrom gibt Abb. 16 wieder. Es zeigt das Ergebnis des ganzen untersuchten Frequenzbereiches. Bei einer Frequenz von 2 Hz war selbst bei 4 mA kein Flimmern zu erzielen. Das Herz folgte dem Rhythmus der Reizung, erst bei 8 bis 10 Hz fiel das Herz außer Tritt. Im Frequenzbereich von 40 bis 100 Hz genügten schon, wie aus Zahlentafel 1 hervorgeht, Stromstärken unter 0,4 mA. Bei Wechselstrom waren, wie die Zahlentafel zeigt, bei gleichen Frequenzen erheblich größere Stromstärken erforderlich, um Herzflimmern zu erzeugen.

Zahlentafel 1.

Frequenz Hz	Zerhackter Gleichstrom gemessener Wert A	Wechselstrom gemessener Wert A
25	0,52	0,81
40	0,35	0,71
60	0,31	0,75

Anm. des Berichters: Der Unterschied zwischen zerhacktem Gleichstrom (ein in der Physiologie gebräuchlicher Ausdruck) und Wechselstrom war zu erwarten, da jeder Muskel, also auch der Herzmuskel, mit der Steilheit der Stromkurve kräftiger reagiert. Der Beweis auch am Herzmuskel ist beachtenswert.

Die bei den Versuchen erzielten Wiederbelebungen nach dem Eintritt von Herzflimmern durch eine erneute elektrische Stromeinwirkung „counter shok" dürfen nicht zu der Hoffnung Anlaß geben, daß er auch bei elektrischen Unfällen Erfolg haben könnte. Diese Forderung ist oft genug aufgestellt, auch ist der „c. s." mehrfach stets ohne Erfolg angewendet worden. Die physiologischen Verhältnisse beim Unfall sind grundverschieden

Digitized by Google

von denen der obigen Versuche. Bei Unfällen geht der Strom durch ganze Gliedmaßen und Körperbezirke und bewirkt in den betroffenen Muskeln Kontraktionen, die wieder zu einer Blutdruckerhöhung und Blutverlagerung führen. Die Arterien sind fast leer, die Venen und inneren Organe, wie Leber, Milz, Lunge, strotzen von Blutfülle, so daß die Ärzte von einer inneren Verblutung (bei der allerdings kein Blut austritt) sprechen. Außerdem wurde bei diesen Versuchen der Strom nur durch einen kleinen engbegrenzten Teil des Herzens, an der Spitze, zugeführt, so daß das Reizzentrum kaum geschädigt sein kann. Aber der wichtigste Grund, weshalb bei Unfällen die Anwendung des „c. s." kaum möglich ist, ist der, daß der „c. s." innerhalb weniger Sekunden nach dem ersten Schlag und dosiert wie beim Versuch angewendet werden müßte. [W. B. Kouwenhoven, D. R. Hooker u. E. L. Lotz, Electr. Engng. 55 (1936) S. 384.] *Al.*

Arnold-Stiftung. — Die Zinsen des Stiftungskapitals sind bestimmt zur Ermöglichung oder Förderung von Studien- und Forschungsarbeiten am Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

Die Unterstützungen dienen zur Bestreitung von Unkosten und zur Beschaffung von Einrichtungen und Instrumenten, die über den Rahmen dessen hinausgehen, was seitens des Instituts für Sonderarbeiten zur Verfügung gestellt werden kann, und werden als Beihilfen gewährt für diejenigen, die auf Anregung von industrieller oder wissenschaftlicher Seite Arbeiten von allgemeinem Interesse auszuführen bereit sind. Unterstützung kann jedem gewährt werden, der die Befähigung zu selbständigem Arbeiten besitzt.

Gesuche um Gewährung einer Unterstützung sind bei Herrn Prof. Dr. Thoma, Hochspannungsinstitut der Technischen Hochschule Karlsruhe, mit einem Arbeitsplan und einer Erläuterung über die Verwendung der beantragten Unterstützungssumme schriftlich spätestens bis zum 14. Dezember 1936 einzureichen.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

621. 3 : 669. 16 (064) **Die Elektrotechnik auf der Düsseldorfer Gießerei-Fachausstellung.** — Vom 17. bis 27. 9. 1936 hatten das Institut für Deutsche Wirtschaftspropaganda, der Technische Hauptausschuß für Gießereiwesen und die Wirtschaftsgruppe Gießerei-Industrie gelegentlich des Internationalen Gießereikongresses, an dem überaus zahlreiche Gießereifachleute aus 20 verschiedenen Ländern teilnahmen, in Düsseldorf eine Gießerei-Fachausstellung veranstaltet. Sowohl die wissenschaftliche Abteilung als auch die Firmenschau, die beide in großzügiger Weise zusammengestellt waren, zeigten, daß die Elektrotechnik sich auch in der Gießereitechnik in voller Entwicklung befindet.

In der Gruppe „Anlage und Organisation" der wissenschaftlichen Abteilung war ein Ausstellungsstand der Energiewirtschaft gewidmet, der schematische Darstellungen, Bilder, Modelle über die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle, die Baustoffe des Elektroofens, die Arten der elektrischen Wärmeübertragung, die Energiewirtschaft in Eisen- und Metallgießereien, die Wärmeerzeugung durch Widerstände, im Nieder- und im Hochfrequenzofen, keramische Baustoffe für Elektroöfen zeigte. In der Gruppe: Fördereinrichtungen wiesen die vielseitigen Förderanlagen für Gießereien (Förderbänder, Becherwerke, Schaukelförderer, Krane der verschiedensten Arten, Greifer, Magnete usw.) auf den Antrieb dieser Anlagen durch Elektromotoren hin. Die Gruppe: „Werkstoffprüfung" brachte eingehende Darstellungen und Modelle über die Röntgenprüfung (Erzeugung der Röntgenstrahlen, Grundlagen der technischen Röntgendurchleuchtung, Anwendung im praktischen Gießereibetrieb, Röntgenfeinstrukturuntersuchung usw.), während in der Gruppe „Schmelzöfen" Tafeln über die wirtschaftliche Verwendbarkeit und die verschiedenen elektrischen Schmelz- und Raffinierverfahren in der Eisen- und Stahlgießerei, über die Entwicklung der Elektroofenarten, über ausgeführte Anlagen aufgestellt waren. Die Gruppe „Oberflächenbehandlung" ließ u. a. die Bedeutung des Eloxalverfahrens (elektrolytische Oxydation des Aluminiums) erkennen, während die Gruppe „Schweißen" Einrichtungen zum Ausbessern schadhafter Gußstücke nach den verschiedenen Schweißverfahren (z. B. durch Lichtbogen-Warm-, Kalt- und Halbwarmschweißung), ferner ausgebesserte Gußstücke selbst zeigte.

In der Firmenschau, die von zahlreichen Werken des Gießereimaschinenbaues und des Gießereibedarfes beschickt war, trat die Bedeutung der Elektrotechnik in vielen Fällen in Erscheinung. So waren auf einem großen Ausstellungsstand des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes, Essen, maßgebende Werke vertreten, die u. a. zeigten: elektrische Öfen mit künstlicher Luftumwälzung zur Warmhaltung von Leichtmetallen, Umluftöfen für den Werkstättenbedarf, elektrisch geheizte Wannenöfen für Aluminium und Aluminium-Legierungen, elektrisch geheizte Tiegelöfen, Salzbadöfen, Glüh- und Vergütungsöfen, Muffelöfen, Trockenöfen, elektrische Durchzugöfen zum Trocknen von Blechen, Bändern, elektrische Schmelzöfen nach Tammann für Temperaturen bis zu 3000 °, Schmiedeöfen, Haubenöfen, Lichtbogenöfen, Öfen mit Widerstandsheizung zum Emaillieren von Gußwaren, elektrische Kleinöfen, Preßmantel-Elektroden zum Schweißen, Temperatur-Meßgeräte und -Regler u. a. m.

Während die meisten mechanischen Formmaschinen für die Herstellung der Gießformen mit Druckluft betrieben werden, arbeitet die Schleuderformmaschine ohne Druckluft und mit Schaufeln zum Schleudern des Sandes in die Form. Zum Antrieb dient ein unmittelbar mit dem Läuferteil gekuppelter Motor. Die Sandstrahlgebläse zum Putzen der Gußstücke wurden bisher ebenfalls vorwiegend mit Druckluft betrieben. Neuerdings sind einige Bauarten von Sandstrahlgebläsen herausgekommen, die den Sand nicht mehr mit Druckluft, sondern durch Wirkung von Schleuderrädern gegen die zu reinigenden Gußstücke schleudern; das geschieht durch unmittelbare Kupplung der Schleuderräder mit den Motoren. Von neuen Gießereimaschinen, die elektrische Antriebsmotoren benötigen, seien weiter die Schleudergußmaschinen zum Gießen von Eisen und Nichteisenmetallen genannt, bei denen die Gießformen während des Eingießens des flüssigen Metalles in Drehung versetzt werden. Schließlich waren auch Gießereien mit Gußstücken vertreten, von denen aus elektrischen Öfen gegossene hochwertige Gußstücke hervorzuheben sind. *Kp.*

AUS LETZTER ZEIT.

Unterwasserkraftwerk Rostin in Pommern. — Bei dem Entwurf des Ende August d. J. in Betrieb genommenen Unterwasserkraftwerkes bei Rostin an der Persante sind Schwede-Coburg und A. Fischer davon ausgegangen, die Kosten für die installierte Leistung des neuen Werkes so gering wie möglich zu halten. Aus diesen Erwägungen heraus waren für die Planung der gesamten Anlage im Vergleich mit bisher üblichen Wasserkraftwerken grundlegend neue Gesichtspunkte erforderlich. In wirtschaftlicher Hinsicht ist zunächst bemerkenswert, daß sich bei der jetzigen Ausführung die Kosten auf 1,8 Mill RM stellen, gegenüber dem Voranschlag von 2,9 Mill RM für eine Kraftanlage üblicher Bauart, dessen Mehrkosten sich hauptsächlich in den erheblichen Bodenbewegungen und Grunderwerbungen für Ober- und Unterwasserkanal, eines weiteren besonderen Kanals zur Abführung des Hochwassers und des bedeutend teureren über Wasserspiegel liegenden Maschinenhauses mit Kraftanlage und Umspannstation ausdrücken.

Das fertiggestellte Wehrbauwerk bei Rostin stellt eine Versuchsanlage dar. Inzwischen ist mit dem Bau eines zweiten Wehres bei Körlin begonnen worden. Neben der Krafterzeugung dienen die Wehre in erster Linie dem Aufstau der Persante und allen damit zusammenhängenden Erfordernissen der Wasserführung bei Hoch- und Niedrigwasser. Ferner gestatten sie einen ungehinderten Eisgang und wirken bei Hochwasser ohne besonderen Hochwasserkanal regelnd auf die Wasserführung. Damit ergab sich die vollständig überflutbare Bauweise, die in dieser Art zum ersten Male ausgeführt worden ist. *He.*

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Die Wasserkräfte Nordamerikas.

(Mitteilung der Zentralstelle für Talsperrenforschung, T. H. Berlin.)

627 (71 + 73)

1. Vereinigte Staaten von Amerika.

Nach einer Veröffentlichung des Geological Survey in Washington über die bisher ausgebauten und noch verfügbaren Wasserkräfte in den V. S. Amerika betrug die Gesamtleistung der Wasserkraftanlagen von 100 PS und mehr am 1. 1. 1935 16 075 307 PS. Gegenüber dem Vorjahr war sie um 161 856 PS höher, was einer Zunahme von 1 % entspricht. Die Zahlentafel 1 zeigt die Entwicklung des Kraftausbaus seit 1921. Trotz der jährlichen Zunahmeleistung läßt doch die geringe Steigerung der letzten Jahre die Krise des amerikanischen Wirtschaftslebens erkennen, die sich natürlich auch auf den Wasserkraftausbau auswirken mußte. Die Statistik umfaßt im

Zahlentafel 1. Entwicklung des Wasserkraftausbaus in den V. S. Amerika von 1921 bis 1935.

Zeit	PS	Zunahme PS	Zunahme in % gegenüber Vorjahr
1921 (November)	7 926 958	—	—
1924 (März)	9 086 958	1 160 000*)	14,6
1925 (März)	10 037 655	958 697	10,5
1926 (1. Januar)	11 176 596	1 138 941**)	11,3
1927 (,,)	11 720 983	544 387	4,9
1928 (,,)	12 296 000	575 017	4,9
1929 (,,)	13 571 530	1 275 530	10,4
1930 (,,)	13 807 778	236 248	1,7
1931 (,,)	14 884 667	1 076 889	7,2
1932 (,,)	15 562 805	680 930	4,3
1933 (,,)	15 817 941	255 136	1,6
1934 (,,)	15 913 451	95 510	0,6
1935 (,,)	16 075 307	161 856	1,0

*) ungefähr 2,3 Jahre.
**) ungefähr 0,8 Jahre.

und für den gewöhnlichen Mindestabfluß 20 347 400 PS und 33 617 000 PS bei der verfügbaren 6monatigen Jahresleistung. Die gesamte aufgestellte Turbinenleistung be-

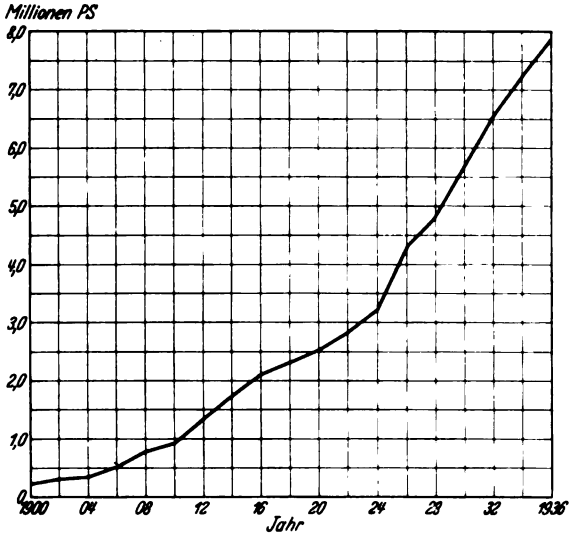


Abb. 1. Turbinenleistung der Wasserkraftwerke Kanadas.

läuft sich auf 7 909 115 PS. Der gewöhnliche Mindestabfluß ist bestimmt aus dem Mittel der zwei niedrigsten Abflußperioden von sieben aufeinander folgenden Tagen

Zahlentafel 2. Verteilung der ausgebauten Wasserkräfte auf die einzelnen Gebiete, ausgedrückt in % der Gesamtleistung.

Gebiet	% der gesamten Leistung											
	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935
V. S. Amerika insgesamt . .	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Neu-England	15,3	14,0	13,3	13,1	12,7	12,2	11,9	12,7	12,4	12,3	12,6	12,5
Mittl. Atlant. Staaten	19,1	19,4	17,9	17,5	16,9	15,6	15,3	14,9	14,8	15,2	15,2	15,3
Nordöstliche Zentralstaaten .	9,1	8,8	8,8	8,6	8,4	8,0	7,8	7,3	7,1	7,2	7,4	7,4
Nordwestliche Zentralstaaten .	5,1	5,1	4,7	4,6	4,4	4,1	4,0	3,8	4,9	4,9	4,8	4,7
Südatlantische Staaten . . .	14,3	15,8	15,2	15,7	16,0	19,1	19,2	19,6	19,1	18,8	19,1	19,7
Südöstliche Zentralstaaten . .	3,8	4,0	6,7	7,4	7,9	8,2	8,4	9,2	8,8	8,6	8,2	8,1
Südwestliche Zentralstaaten .	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,9	0,9	0,9	0,9
Rocky Mountains-Staaten . .	9,7	9,3	8,8	8,8	9,1	8,4	8,6	8,2	7,8	7,7	7,6	7,4
Pazifische Staaten.	23,5	23,3	24,5	24,0	24,3	24,0	24,4	24,0	24,2	24,4	24,2	24,0

ganzen 3117 Anlagen, von denen 1581 staatliche oder städtische und 1536 private oder gemischte Unternehmen sind.

Die Zahlentafel 2 gibt Aufschluß über den Anteil der einzelnen Gebiete am Wasserkraftausbau, ausgedrückt in Prozenten der vorhandenen Gesamtleistung. Nach eingehenden Untersuchungen und vorsichtigen Schätzungen wird die gesamte ausbaufähige Leistung an Wasserkraft einschließlich der bereits ausgebauten mit 80 Mill PS angegeben, so daß also heute ungefähr 20 % der gesamten verfügbaren Wasserkräfte ausgebaut sind. Den größten Anteil an noch ausbaufähiger Wasserkraft hat der Staat Washington, dann folgen Oregon, Kalifornien und New York.

2. Kanada.

Das Dominion Water Power and Hydrometric Bureau in Ottawa hat zu Anfang des Jahres eine kurze zusammenfassende Darstellung über den Ausbau der Wasserkräfte in Kanada veröffentlicht. Auf Grund statistischer Erhebungen und sorgfältiger Untersuchungen beträgt die gesamte verfügbare Wasserkraft bei einer gleichmäßigen 24stündigen Belastung und einem Wirkungsgrad von 80 % im Jahr. Die Abb. 1 zeigt nun die Zunahme der aufgestellten Leistung von 1900 bis 1936.

Die Verteilung der Leistungen auf die einzelnen Landesteile ist in der Zahlentafel 3 zusammengestellt. Hier-

Zahlentafel 3. Die verfügbaren und ausgebauten Wasserkräfte in Kanada.

Provinz	verfügbare 24stündige Leistung bei 80 % Wirkungsgrad		eingebaute Turbinenleistung
	bei gewöhnlichem Mindestabfluß	bei gewöhnlichem 6monatigem Abfluß	
	PS	PS	PS
British Columbia	1 931 000	5 103 500	718 497
Alberta	390 000	1 049 500	71 597
Saskatchewan	542 000	1 082 000	42 035
Manitoba	3 309 000	5 344 500	392 825
Ontario	5 330 000	6 940 000	2 560 155
Quebec	8 459 000	13 064 000	3 853 320
New Brunswick	68 600	169 100	133 681
Nova Scotia	20 800	128 300	116 367
Prince Edward Island . .	3 000	5 300	2 439
Yukon & Northwest Terr. .	294 000	731 000	18 199
Kanada	20 347 400	33 617 200	7 909 115

Digitized by Google

nach haben den größten Anteil Ontario und Quebec. Im Gebiet Quebec liegt das große Kraftwerk Beauharnois am Lawrence Strom, das im Endausbau eine Leistung von 400 000 PS haben wird bei einer Vollwassermenge von 1510 m³/s.

Von der eingebauten Leistung von 7 909 115 PS sind 87,8 % in öffentlichen Kraftwerken aufgestellt. Die restlichen 12,2 % Leistung dienen industriellen Werken, und zwar entfallen 7,7 % auf die Papierindustrie und 4,5 % auf die übrige Industrie. Der Anteil der öffentlichen Kraftwerke an der Gesamtstromerzeugung ist überwiegend. Der Grund liegt in dem glücklichen Umstand, daß die Werke den Strom einerseits der geringen Kosten wegen sehr billig verkaufen können, anderseits liegen die Wasserkraftanlagen in den Industriegebieten, so daß verteuernde Überlandnetze erspart bleiben. So sind annähernd 60 % der gesamten verfügbaren Wasserkräfte und mehr als 81 % der ausgebauten Wasserkräfte in den industriereichen aber kohlearmen Provinzen Ontario und Quebec vorhanden. *Bkn.*

Die japanische Elektrizitätswirtschaft.

Von E. Reichelt, Stargard.

621. 311. 1. 003. 1. (52)

Die japanische Elektrizitätswirtschaft hat in den letzten Jahren einen bedeutenden Ausbau erfahren. Wie in Zahlentafel 1 gezeigt ist, ist die Zahl der Elektrizitätswerke im Zeitraum 1927 bis 1933 um 9 %, die in ihnen installierte Leistung um 125 % gestiegen. Die Elektrisierung der Bahnen, die bis 1932 stockte, ist 1933 kräftig weiterwährend die Generatorenleistung der für Kraftgewinnung bestimmten Anlagen eine Steigerung um 70 % aufweist. Von den einzelnen Industriezweigen nimmt die chemische Industrie mit einem Anteil von 17 % an der gesamten industriellen Kraftversorgung den ersten Platz ein; es folgen die Textilindustrie mit 16 %, der Bergbau mit 11 %, die

Zahlentafel 1. Japans Stromversorgung nach Zahl, installierter Leistung und Kraftquellen der Elektrizitätsunternehmungen.

	insgesamt		davon Elektrizitätswerke		elektrische Bahnen		gemischte Betriebe		Kraftquelle	
	Zahl der Betriebe	installierte Leistung kW	Zahl der Betriebe	installierte Leistung kW	Zahl der Betriebe	installierte Leistung kW	Zahl der Betriebe	installierte Leistung kW	Wasser kW	Kohle kW
1927	728	2 687 809	562	1 376 952	117	3 478	49	1 307 379	1 791 919	895 890
1928	720	2 974 486	543	1 475 257	128	2 278	49	1 496 951	1 887 016	1 087 470
1929	732	3 188 452	540	1 606 756	142	3 553	50	1 578 143	2 061 077	1 127 375
1930	733	3 353 030	533	1 846 667	152	4 253	48	1 502 110	2 271 040	1 081 990
1931	733	3 453 381	525	2 017 605	161	3 978	47	1 431 798	2 368 420	1 084 961
1932	816	4 275 199	608	2 688 327	161	3 978	47	1 582 894	3 013 728	1 261 471
1933	818	4 512 804	613	3 094 282	161	71 178	44	1 347 344	3 086 312	1 426 492

Zahlentafel 2. Entwicklung des Stromverbrauchs in Japan.

	Licht			Kraft			
	Zahl der Verbraucher	Brennstellen	eingebaute Leistung kW	Motoren Zahl	Motoren kW	sonstige kW	insgesamt kW
1927	10 547 235	32 322 991	736 169	339 741	1 793 859	446 326	2 240 185
1928	10 847 432	33 909 420	797 458	412 156	2 263 089	685 054	2 948 143
1929	11 170 618	35 893 353	863 046	456 793	2 476 135	689 811	3 165 946
1930	11 352 372	36 839 607	887 703	497 857	2 668 748	864 095	3 532 843
1931	11 446 539	37 413 988	959 144	519 765	2 862 653	929 510	3 792 163
1932	11 509 061	38 248 320	978 846	565 602	2 860 909	951 412	3 811 921

1933	Licht		Kraft (kW)						
	Zahl der Verbraucher	Brennstellen	insgesamt	chemische Industrie	Textilindustrie	Bergbau	Nahrungsmittelindustrie	Metallindustrie	andere Industrien
	11 383 235	38 382 771	3 255 736	562 361	516 188	366 279	291 247	258 718	1 260 943

Zahlentafel 3. Geschäftsentwicklung der japanischen Elektrizitätsunternehmungen.

	1000 RM			
	eingezahltes Kapital	Betriebseinnahmen	Ausgaben	Reingewinn
1929	2 536 146	743 601	490 005	253 596
1930	2 671 880	753 181	538 271	214 910
1931	2 716 712	736 554	545 823	190 731
1932	2 794 541	722 261	557 624	164 637
1933	2 935 130	773 333	619 529	153 804

1 RM = 1,19 Yen.

entwickelt worden. Zum größten Teil beruht der Ausbau der Elektrizitätswirtschaft auf der verstärkten Ausnutzung der Wasserkräfte. Die aus Kohle gewonnene elektrische Arbeit ist im Berichtszeitraum um 59 % gestiegen, während der Anteil der Wasserkraft eine Zunahme von 72 % verzeichnet. Die installierte Gesamtleistung verteilte sich 1927 mit 66 % auf Wasser und 34 % auf Kohle; die entsprechenden Zahlen für 1933 waren 68 bzw. 32 %.

Die Entwicklung des Stromverbrauchs (Zahlentafel 2) ist durch einen starken Anstieg der industriellen Kraftversorgung, dagegen durch eine nur mäßige Zunahme der Beleuchtung gekennzeichnet. Die für Beleuchtungszwecke eingebaute Leistung stieg im Berichtszeitraum um 33 %,

Zahlentafel 4. Deutschlands Ausfuhr von elektrotechnischen Erzeugnissen nach Japan.

	dz			1000 RM		
	1935	1934	1933	1935	1934	1933
Gesamtausfuhr	—	—	—	3110	2053	3259
davon Dynamos	7649	165	1530	949	23	223
Magnetzündapparate	857	530	596	649	536	720
elektr. Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen	249	276	278	482	466	372
Fernsprecher usw.	189	167	989	362	303	1510
Vorrichtungen f. Beleuchtung u. Kraftübertragung	912	475	364	335	203	144
Vorrichtungen f. ärztl. Zwecke	193	144	81	126	107	63
Vorrichtungen für drahtlose Telegraphie	17	11	14	120	87	88
Signalapparate, Läutewerke	3	50	31	34	218	105
Röntgenröhren	2	3	1	20	39	13
Heiz- und Kochapparate	30	14	—	17	12	—

Nahrungsmittelindustrie mit 9 % und die Metallindustrie mit 8 %.

Mit dem gerade in den letzten Jahren erfolgten starken Aufschwung der Erzeugungsmöglichkeiten vor allem in der chemischen und Textilindustrie, die die Grundlagen für die überraschende Ausdehnung in der Ausfuhr der japanischen Waren auf dem Weltmarkt geschaffen hat, ist

Digitized by Google

die elektrische Ausrüstung der Industrie weiter gestiegen, so daß der industrielle Stromverbrauch in 1934 und 1935 noch erheblich über den für 1933 ausgewiesenen Zahlen gelegen haben dürfte.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß sich die Absatzmöglichkeiten für elektrotechnische Erzeugnisse auf dem japanischen Markt in den vergangenen Jahren gut behauptet haben. Insbesondere konnte Deutschland seine Umsätze 1935 beträchtlich erhöhen (Zahlentafel 4).

Das eingezahlte Gesamtkapital (Zahlentafel 3) stieg im Berichtszeitraum um 16 %. Von der Gesamtsumme des investierten Kapitals entfielen 720 Mill RM (24 %) auf fünf führende Gesellschaften (Tokyo Electric Light mit 360 Mill, Nippon Electric Power mit 122 Mill, Daido Electric Power mit 110 Mill, Ujigawa Electric Power mit 77 Mill und Godo Electric Power mit 51 Mill RM eingezahltem Kapital). Die Ausgaben beliefen sich 1933 auf 80 % der Betriebseinnahmen gegenüber 66 % in 1929, der Reingewinn auf 20 bzw. 34 %.

Die für 459 Werke ausgewiesene Belegschaftsziffer belief sich im letzten Berichtsjahr auf 7142 Personen, von denen 17 weiblichen Geschlechts waren.

621.311.1.003(43) **Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland**[1]). — Im ersten Halbjahr 1936 war die Gesamterzeugung der vom Statistischen Reichsamt erfaßten 122 Elektrizitätswerke (Abb. 1) mit 10 256,7 Mill kWh um 1246,9 Mill kWh oder 13,8 % größer als im gleichen Zeitabschnitt des Vorjahrs (9009,8 Mill kWh). Arbeitstäglich betrug die Steigerung bei monatlich im Mittel 68,4 Mill kWh deren 7,96 bzw. 13,2 %. Auf den gewerblichen Gesamtverbrauch entfielen bei den berücksichtigten 103 Werken (Abb. 2)

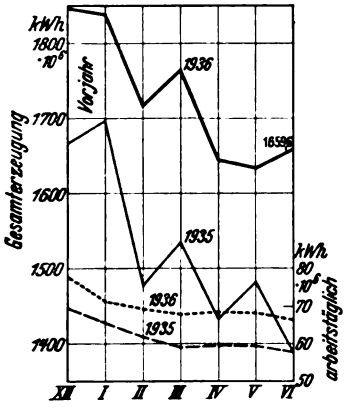


Abb. 1. Stromerzeugung von 122 Elektrizitätswerken im 1. Halbjahr 1936.

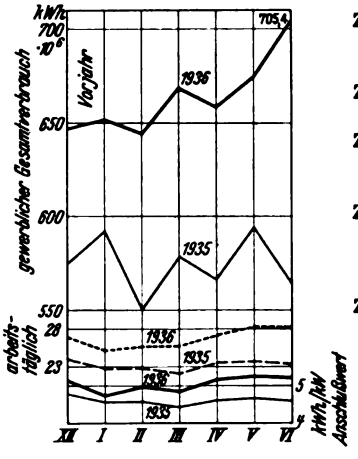


Abb. 2. Gewerblicher Stromverbrauch bei 103 Elektrizitätswerken im 1. Halbjahr 1936.

4005,5 Mill kWh, d. s. 555 Mill kWh oder 16,1 % mehr als im 1. Halbjahr 1935 (3450,5 Mill kWh). Je Arbeitstag ist diese Stromabgabe im Monatsdurchschnitt von 23,2 auf 26,8 Mill kWh, also um 15,5 % und je 1 kW Anschlußwert von 4,57 auf 5,02 kWh bzw. um fast 10 % gewachsen. Der Anschlußwert übertraf im Juni den zu Anfang 1936 festgestellten um 3 %. Die Ergebnisse des 2. Vierteljahrs zeigt die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Monat	von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer					
	insgesamt		arbeitstäglich		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935
I.	1838,9	1697,8	70,7	65,3	651,6	592,5	25,1	22,8	4,73	4,54
II.	1717,4	1476,7	68,7	61,5	644,6	550,1	25,8	22,9	4,93	4,56
III.	1763,6	1534,4	67,8	59,0	669,5	579,6	25,8	22,3	4,84	4,41
IV.	1643,9	1433,2	68,5	59,7	658,7	567,2	27,4	23,6	5,14	4,64
V.	1633,3	1481,7	68,1	59,3	675,7	595,4	28,2	23,8	5,25	4,68
VI.	1659,6	1386,0	66,4	57,7	705,4	565,7	28,2	23,6	5,21	4,62

fm.

[1]) Vgl. ETZ 57 (1936) H. 15, S. 424, u. H. 29, S. 845.

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke.

[Bemerkungen zur Zahlentafel auf S. 1362.]

Zu 1. Elektrowerke. Die Stromerzeugung stellte sich auf 2,82 (2,25[1]) Mrd kWh, Steigerung 25 %.

Zu 2. MEW. Stromabsatz 990,58 (836,02) Mill kWh, Steigerung 15,37 %. Für die Deckung des Gesamtstromes standen zur Verfügung: 34 eigene Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von 315 215 kW sowie eine Anzahl von Fremdstromquellen, die mit 27 300 kW z. Z. der Höchstbelastung in Anspruch genommen wurden.

Zu 3. Preußen-Elektra. Die Stromabgabe betrug 899,613 (807,251) Mill kWh, Steigerung 11,5 % (einschl. der Abgabe der Hefrag und der N.W.K.).

Zu 4. E-W Südwest, Berlin-Schöneberg. Nutzbare Stromabgabe 77,555 (75,520) Mill kWh. Steigerung 2,6 %.

Zu 5. Lech-E-W, Augsburg. Erzeugt und bezogen wurden 247,557 (203,313) Mill kWh. Verkauft wurden 221,351 (181,480) Mill kWh, Steigerung 21,97 %.

Zu 6. E-W. Unterelbe-Altona. Eigenerzeugung 87,499 (81,582) Mill kWh; Bezug 6,466 (5,346) Mill kWh, nutzbare Abgabe 78,850 (73,116) Mill kWh, Steigerung der nutzbaren Abgabe 7,2 %.

Zu 7. OEW Biberach a. d. Riß. Erzeugt wurden in eigenen Wasserkraftwerken 163,6 (127,3) Mill kWh, in eigenen Wärmekraftwerken 35,8 (30,5) Mill kWh, bezogen wurden 72,6 (92,4) Mill kWh. Gesamterzeugung und Bezug 236,8 (221,5) Mill kWh, Zunahme 6,9 %. Nutzbare Abgabe insgesamt 203,1 (185,2) Mill kWh, Zunahme 9,7 %. Der Gesamtanschlußwert war am Jahresende 303 014 (273 670) kW.

Zu 8. E-W Schlesien AG., Breslau. Der Stromabsatz betrug 253,985 (222,587) Mill kWh, Steigerung 14,1 %; davon entfallen auf Fremdstrombezug 18,925 Mill kWh.

Zu 9. VEW, Dortmund. Nutzbare Stromabgabe 579,482 (531,127) Mill kWh, Steigerung 9,1 %.

Zu 10. ASW Dresden. Die Stromerzeugung in den eigenen Kraftwerken betrug 1060,247 (909,823) Mill kWh, Steigerung 16,5 %. Stromverkauf 884,244 (765,441) Mill kWh, Steigerung 15,5 %. Die bisher höchste Abgabe im Jahre 1929 ist hiermit um 4,7 % überschritten. Der Verkauf an industrielle Großverbraucher betrug 233,041 (200,294) Mill kWh, Steigerung 16,3 %. Verbrauch der Kleinabnehmer in Landwirtschaft, Haushalt und Gewerbe 42,264 (37,565) Mill kWh, Steigerung 12,5 %.

Zu 11. REW Essen. Die nutzbare Stromabgabe betrug 3475,636 (2696,697) Mill kWh. Dabei stieg die Kraftabgabe um etwa 30, die Lichtabgabe nur um etwa 6 %. Unter Hinzurechnung der Konzern-Unternehmungen stellt sich die Stromabgabe auf 4700 (3750) Mill kWh.

Zu 12. Neckarwerke AG., Eßlingen. Nach Gründung der „Elektrizitäts-Versorgung Württemberg AG. (EVW)" übertrug das Unternehmen, welches Gesellschafter der EVW ist, seine Verträge mit dem Bayernwerk, dem Badenwerk und dem Oberschwäbischen E-W auf die EVW. — Die nutzbare Stromabgabe betrug 143,896 (138,713) Mill kWh, Steigerung 3,74 %.

Zu 13. Kommunales E-W Mark. Erzeugung und Bezug 287,473 (252,526) Mill kWh; Verkauf 258,019 (224,896) Mill kWh, Steigerung 14,7 %.

Zu 14. EW Sachsen-Anhalt, Halle. Die Stromabgabe betrug 471 (425) Mill kWh, Steigerung 11,3 %.

[1]) Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Vorjahr.

Digitized by Google

Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung.

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	Letzte Veröffentlichung i. d. ETZ	Letztes Betriebsjahr	Aktiva			Vermögensaufstellung	Passiva					Ausgaben					Ertragsrechnung	Erträgnisse		Verteilte Dividende
				Anlagevermögen	Beteiligungen	Umlaufsvermögen	Summe	Aktien- oder Grundkapital	Reserven u. Rücklagen	Wertberichtigungen	Verbindlichkeiten	Reingewinn	Betriebs und Geschäftsunkosten	Abschreibungen u. Rücklagen	Zinsen	Steuern und soziale Abgaben	Gewinn	Summe	aus Betrieb	sonstige	
1.	Elektrowerke A.-G., Berlin	1935 S. 625, IV	1. 1.—31. 12. 35	**214 648** *203 910*	**88 700** *66 500*	**44 029** *42 959*	**327 377** *313 369*	**110 000** *110 000*	**34 025** *33 285*	**104 765** *93 421*	**71 615** *69 693*	**6 972** *6 970*	**23 168** *19 221*	**16 596** *18 835*	**741** *1 037*	**3 468** *2 986*	**6 972** *6 970*	**50 945** *49 049*	**49 237** *44 925*	**1 708** *4 124*	**6** *6*
2.	Märkisches Elektrizitätswerk AG. (MEW), Berlin	1935 S. 878, VII	1. 1.—31. 12. 35	**291 943** *194 127*	**10 880** *26 196*	**95 299** *91 336*	**398 122** *311 659*	**80 000** *80 000*	**61 360** *24 254*	**197 661** *160 845*	**50 587** *38 112*	**85 14** *8 448*	**18 629** *14 592*	**16 944** *13 762*	**—** *—*	**8 234** *6 638*	**6 514** *8 448*	**52 321** *43 440*	**48 353** *40 099*	**3 968** *3 341*	**10** *10*
3.	Preuß. Elektrizitäts-AG. (Preußen Elektra), Berlin	1935 S. 1234, I	1. 4. 35—31.3.36	**109 259** *104 586*	**109 729** *112 678*	**48 344** *40 388*	**267 332** *257 654*	**110 000** *110 000*	**30 591** *29 101*	**37 184** *29 741*	**83 566** *84 100*	**5 991** *4 712*	**7 267** *7 145*	**10 235** *11 870*	**2 668** *2 946*	**3 274** *3 146*	**5 991** *4 712*	**29 435** *29 819*	**25 825** *23 238*	**3 610** *6 581*	**5** *4*
4.	Elektrizitätswerk Südwest-AG., Bln.-Schöneberg	1935 S. 625, V	1. 1.—31. 12. 35	**96 892** *101 452*	**—** *—*	**3 508** *6 785*	**102 400** *108 591*	**50 000** *50 000*	**4 227** *4 261*	**15 719** *14 374*	**29 450** *36 203*	**3 004** *3 748*	**3 658** *4 265*	**3 058** *4 322*	**1 413** *1 622*	**2 059** *2 236*	**3 004** *3 748*	**13 190** *16 183*	**12 953** *12 645*	**237** *3 538*	**5½** *6½*
5.	Lech-Elektrizitätswerke AG., Augsburg	1935 S. 878, III	1. 1.—31. 12. 35	**74 253** *73 318*	**4 011** *4 011*	**2 865** *2 860*	**81 139** *80 689*	**40 532** *40 532*	**4 794** *4 809*	**17 059** *15 888*	**16 647** *16 847*	**2 107** *2 113*	**1 847** *1 684*	**1 695** *1 630*	**1 012** *1 027*	**1 941** *1 877*	**2 107** *2 113*	**8 602** *8 331*	**8 004** *7 711*	**598** *620*	**5** *5*
6.	Elektrizitätswerk Unterelbe AG., Altona	1936 S. 128, I	1. 1.—31. 12. 35	**64 935** *63 439*	**50** *50*	**6 016** *6 394*	**71 001** *69 883*	**22 500** *22 500*	**1 504** *2 028*	**26 067** *23 368*	**19 081** *20 135*	**1 849** *1 852*	**5 241** *5 296*	**1 941** *5 001*	**524** *525*	**670** *710*	**1 849** *1 852*	**10 225** *13 384*	**9 634** *9 659*	**591** *3 725*	**7** *7*
7.	Oberschwäb. Elektrizitätswerke (OEW), Biberach a. d. Riß	1936 S. 128, II	1. 1.—31. 12. 35	**76 030** *74 210*	**8 452** *8 495*	**7 893** *11 056*	**92 375** *93 761*	**—** *—*	**16 909** *18 521*	**37 401** *34 800*	**38 008** *40 246*	**59** *94*	**5 342** *5 504*	**4 091** *6 810*	**2 139** *2 245*	**268** *259*	**59** *94*	**11 899** *14 912*	**11 582** *11 574*	**317** *3 338*	**–** *—*
8.	Elektrizitätswerk Schlesien AG., Breslau	1935 S. 878, IX	1. 1.— 31. 12. 35	**80 583** *78 902*	**—** *5*	**3 479** *3 620*	**84 062** *82 527*	**30 300** *30 300*	**5 397** *5 586*	**16 076** *13 656*	**30 254** *30 943*	**2 034** *2 042*	**6 720** *6 229*	**2 920** *4 104*	**1 343** *1 329*	**2 121** *1 832*	**2 034** *2 042*	**15 188** *15 536*	**14 374** *12 227*	**814** *3 309*	**6** *6*
9.	Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG. (VEW), Dortmund	1935 S. 1234, II	1. 1.—31. 12. 35	**239 587** *234 062*	**2 477** *2 695*	**32 082** *32 899*	**274 146** *269 656*	**40 000** *40 000*	**17 670** *14 704*	**87 177** *80 339*	**128 302** *134 241*	**997** *372*	**8 054** *24 040*	**21 492** *29 277*	**6 147** *6 148*	**2 538** *1 593*	**997** *372*	**39 228** *61 430*	**34 925** *32 410*	**4 304** *29 020*	**0** *0*
10.	AG. Sächsische Werke (ASW), Dresden	1935 S. 1234, III	1. 1.—31. 12. 34	**390 573** *390 744*	**42 867** *45 286*	**26 207** *48 286*	**459 647** *484 316*	**100 000** *100 000*	**27 468** *25 552*	**206 222** *165 205*	**117 970** *190 255*	**7 987** *3 004*	**20 375** *19 424*	**48 321** *18 540*	**4 126** *8 544*	**6 212** *3 004*	**7 987** *3 004*	**87 021** *52 516*	**46 779** *45 423*	**36 242** *7 093*	**5** *0*
11.	Rhein.-Westfälisches Elektrizitätswerk AG. (RWE), Essen	1935 S. 878, I	1. 7. 34—30. 6.35	**823 030** *799 589*	**108 312** *111 487*	**126 431** *117 716*	**1057773** *1029821*	**246 000** *246 000*	**148 907** *130 763*	**378 945** *370 573*	**269 008** *267 649*	**14 913** *14 836*	**37 348** *31 979*	**28 092** *88 214*	**10 139** *12 408*	**26 321** *17 629*	**14 913** *14 836*	**116 613** *165 066*	**103 170** *99 966*	**13 643** *65 100*	**6** *6*
12.	Neckarwerke AG., Eßlingen	1935 S. 878, VIII	1. 1.—31. 12. 35	**42 920** *44 742*	**2 204** *1 814*	**10 260** *10 189*	**55 384** *54 745*	**30 000** *30 000*	**3 402** *3 276*	**10 979** *10 067*	**9 434** *9 839*	**1 569** *1 563*	**4 031** *3 342*	**1 467** *1 577*	**518** *516*	**1 000** *958*	**1 569** *1 563*	**8 585** *7 956*	**8 176** *7 336*	**409** *620*	**5½** *5*
13.	Kommunale Elektrizitätswerk Mark AG., Hagen	1935 S. 1132	1 1.—31. 12. 35	**62 506** *61 569*	**119** *119*	**6 107** *6 942*	**68 732** *68 630*	**12 000** *12 000*	**1 868** *2 414*	**40 771** *38 310*	**13 375** *15 196*	**718** *710*	**4 893** *4 280*	**2 753** *3 065*	**891** *780*	**1 447** *1 348*	**718** *710*	**10 502** *10 183*	**10 139** *9 786*	**363** *427*	**6** *6*
14.	Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG. (Esag), Halle a. d. Saale	1935 S. 1132, IV	1. 1.—31. 12. 35	**37 457** *36 056*	**3 324** *3 304*	**4 040** *4 028*	**44 821** *43 388*	**16 000** *16 000*	**2 730** *2 579*	**19 421** *17 038*	**5 082** *6 685*	**1 588** *1 086*	**2 478** *2 099*	**2 687** *2 749*	**46** *118*	**1 131** *839*	**1 588** *1 086*	**7 932** *6 891*	**7 737** *6 610*	**195** *281*	**6** *6*
15.	Großkraftwerk Württemberg AG., Heilbronn	1935 S. 878, V	1. 1.—31. 12. 35	**3 746** *3 743*	**216** *216*	**759** *762*	**4 721** *4 721*	**2 900** *2 900*	**66** *168*	**1 522** *1 421*	**68** *105*	**125** *127*	**108** *134*	**100** *274*	**—** *—*	**79** *125*	**125** *127*	**412** *660*	**349** *324*	**62** *336*	**4** *4*
16.	Elektrizitäts-AG., Mitteldeutschland, Kassel	1935 S. 1132, V	1. 1.—31. 12. 35	**26 010** *24 944*	**3 028** *3 028*	**7 763** *7 286*	**36 801** *35 258*	**28 000** *28 000*	**997** *1 000*	**5 177** *4 086*	**1 622** *1 735*	**1 005** *437*	**4 966** *4 615*	**1 156** *1 687*	**—** *—*	**847** *777*	**1 004** *437*	**7 973** *7 516*	**7 489** *7 190*	**484** *326*	**3½** *1½*
17.	Badenwerk Badische Lds. Elektriz. Vers. AG., Karlsruhe i. Baden	1935 S. 1234, V	1. 4. 34—31. 3.35	**76 687** *76 160*	**14 456** *14 471*	**28 087** *25 045*	**117 210** *115 676*	**27 000** *27 000*	**6 885** *6 119*	**19 100** *17 100*	**62 679** *63 631*	**1 546** *1 845*	**3 709** *2 854*	**2 963** *2 158*	**3 001** *3 174*	**1 401** *1 062*	**1 546** *1 845*	**12 620** *11 093*	**11 722** *10 600*	**898** *493*	**5** *6*
18.	Ostpreußenwerk AG., Königsberg i. Pr.	1935 S. 1132, VI	1. 1.—31. 12. 35	**59 727** *56 381*	**41** *41*	**12 153** *11 726*	**71 921** *68 148*	**26 000** *26 000*	**4 227** *4 682*	**21 527** *16 994*	**16 850** *19 517*	**1 317** *955*	**4 505** *3 894*	**3 244** *3 283*	**744** *821*	**886** *1 092*	**1 317** *955*	**10 696** *10 045*	**9 467** *8 554*	**1 229** *1 491*	**4** *3*
19.	Pfalzwerke AG., Ludwigshafen a. Rh.	1935 S. 1132, IX	1. 1.—31. 12. 35	**43 979** *40 335*	**3 940** *3 937*	**6 722** *8 983*	**54 641** *53 255*	**12 000** *12 000*	**4 305** *3 626*	**24 082** *22 221*	**13 655** *14 806*	**599** *602*	**2 959** *2'631*	**2 172** *1 967*	**397** *384*	**690** *559*	**599** *602*	**6 817** *6 143*	**5 628** *5 058*	**989** *1 085*	**4½** *4½*
20.	Bayernwerk AG., München	1935 S. 625, VII	1. 10. 34 bis 30. 9. 35	**76 493** *76 587*	**14 277** *14 276*	**19 396** *19 459*	**110 166** *110 322*	**16 000** *18 000*	**6 591** *6 312*	**16 046** *13 920*	**69 495** *72 054*	**34** *36*	**13 052** *12 231*	**3 387** *4 905*	**2 741** *2 957*	**228** *221*	**—** *36*	**19 406** *20 350*	**18 183** *17 711*	**1 225** *2 639*	**0** *0*
21.	Großkraftwerk Stettin AG., Stettin	1935 S. 878, II	1. 1.—31. 12. 35	**25 914** *25 435*	**0** *0*	**1 704** *1 469*	**27 618** *26 904*	**7 500** *7 500*	**795** *379*	**14 279** *13 238*	**4 807** *5 550*	**237** *237*	**2 859** *3 209*	**1 087** *1 344*	**186** *217*	**917** *263*	**237** *237*	**5 286** *5 270*	**5 199** *4 855*	**87** *415*	**3** *3*
22.	Thüringische Landeselektr. AG., Thüringenwerk, Weimar	1935 S. 1234, VII	1. 1.—31. 12. 35	**15 928** *15 548*	**3 580** *3 580*	**2 589** *2 551*	**22 096** *21 679*	**15 000** *15 000*	**470** *519*	**3 055** *2 492*	**2 927** *3 024*	**644** *644*	**602** *394*	**640** *563*	**62** *47*	**279** *239*	**644** *644*	**2 227** *2 087*	**2 185** *2 018*	**42** *39*	**4** *4*

Digitized by Google

Zu 15. Kraftwerk Württemberg AG., Heilbronn. Die gesamte Stromabgabe betrug 42,44 (38,352) Mill kWh, Steigerung 10,7 %.

Zu 16. EAG Mitteldeutschland, Kassel. Stromabsatz 93,418 (86,053) Mill kWh, Steigerung 8,6 %. In Prozenten von 1934 wurden 1935 abgegeben: An Großabnehmer 115,2, an Gemeinden und Wiederverkäufer 94,5, an Kleinabnehmer 105,1, für Koch- und Heizstrom 151,1 %.

Zu 17. Badenwerk, Karlsruhe. (Bericht nach dem Nachrichtendienst „Das Spezialarchiv der deutschen Wirtschaft".) Nutzbar abgegeben wurden 478,944 (429,0) Mill kWh, Steigerung 11,8 %.

Zu 18. OPW, Königsberg. Nutzabgabe 114,330 (96,131) Mill kWh, Steigerung 18,8 %. (Im engeren ostpreußischen Versorgungsgebiet 10,3 %.)

Zu 19. Pfalzwerke AG., Ludwigshafen. Nach der Rückgliederung des Saargebietes waren die Ursachen, die s. Z. zur Gründung der Kraftwerk Homburg AG. geführt haben, in Wegfall gekommen. Die an diese Gesellschaft verkauften Anlagen wurden daher wieder in den Betrieb der Pfalzwerke genommen. Da die Übernahme erst am Ende des Berichtsjahres erfolgte, ist sie noch nicht berücksichtigt; der Abschluß der Homburg AG. wird von dieser gesondert ausgewiesen. — Insgesamt wurden verkauft 100,297 (91,285) Mill kWh, Steigerung 9,87 %.

Zu 20. Bayernwerk AG., München. Die nutzbare Drehstromabgabe betrug 641 (602) Mill kWh; die Einphasenstromabgabe an die Reichsbahn 245 (200) Mill kWh.

Zu 21. Großkraftwerk Stettin AG. Die Eigenerzeugung betrug 119,981 (108,030) Mill kWh, Steigerung 11,06 %. Fremdstrom wurde im Berichtsjahre nicht bezogen. Nutzbare Abgabe: 108,133 (97,197) Mill kWh, Steigerung 11,25 %.

Zu 22. Thüringenwerk, Weimar. Der Sperrsee des Pumpspeicherkraftwerkes der Saaletalsperre am Bleiloch wurde zum ersten Male gefüllt. — Der Stromabsatz betrug 173,045 (169,573) Mill kWh, Steigerung rd. 2 %.

Trb.

621. 33. 003 **Die Wirtschaftlichkeit elektrischer Zugförderung.** — Obwohl der elektrische Betrieb für Bahnen in den meisten Fällen technische und wirtschaftliche Vorteile bietet, stehen der Umstellung bestehender Dampfbahnen die hohen Anlagekosten elektrischer Bahnen im Wege. Im Gegensatz zur Dampf- und Diesellokomotive gibt es für die elektrische Lokomotive keine Leistungsbegrenzung, ihre Arbeitsweise ist nur durch die Kennlinie der Fahrmotoren festgelegt. Bei den üblichen Hauptschlußmotoren kann durch Wahl des Zahnrad-Übersetzungsverhältnisses entweder hohe Leistung bei großen Geschwindigkeiten für Schnellzuglokomotiven oder bei kleinen Geschwindigkeiten für Güterzuglokomotiven erzielt werden. Man erhält ausgezeichnete Beschleunigungen, wodurch man besonders für Stadtschnellbahnen mit kurzen Halteabständen hohe Reisegeschwindigkeiten erreicht. Gerade bei derartigen Bahnen des Stadt- und Vorortverkehrs ist der elektrische Betrieb weit überlegen, schon dadurch, daß Triebwagenzüge mit leichter Anpassungsfähigkeit an die Verkehrsbedürfnisse verwendet werden können. Für Hauptbahnen spielt neben der Überlegenheit der elektrischen Lokomotive durch die Überlastbarkeit und die größere Leistung für die Gewichtseinheit die Wirtschaftlichkeitsfrage eine ausschlaggebende Rolle. Zins- und Abschreibungslasten auf den Anlagekosten müssen durch die Betriebsersparnisse mindestens gedeckt werden. Außer den Kosten für das rollende Material, für die Übertragungs- und Fahrleitungen und die Unterwerke kommen bei einer Umstellung häufig noch Änderungen an den Signaleinrichtungen und an den Bauten zur Vergrößerung des Lichtraumprofils für die Fahrleitung, neue Werkstätten sowie Maßnahmen zur Verhinderung elektrolytischer Wirkungen abirrender Ströme bei Gleichstrom oder zur Verhinderung der Beeinflussung benachbarter Fernmeldeleitungen bei Wechselstrom in Frage. Unter Zugrundelegung von Erfahrungswerten für die einzelnen Posten der Betriebsausgaben bei Dampf- und elektrischem Betrieb kann man berechnen, wie groß die Kapitaldienstkosten der Umstellung sein dürfen, damit die Gesamtkosten im Jahre nicht größer werden als bei dem Dampfbetrieb. Je größer die Steigungen einer Strecke sind, um so höher sind die Betriebskosten; der Anteil der Kapitaldienstkosten an den Gesamtkosten wird also kleiner, für solche Strecken können höhere Anlagekosten je Verkehrseinheit (tkm) zugelassen werden. Eine große Rolle für die Wirtschaftlichkeit einer Umstellung spielt natürlich die Verkehrsbelastung der Strecke, da die Betriebsersparnisse des elektrischen Betriebes um so höher sind, je stärker der Verkehr ist und die Anlagekosten nicht im gleichen Maße steigen wie die Verkehrsdichte. Unter Berücksichtigung der augenblicklich geltenden Zinssätze und Kosten ist in England der elektrische Betrieb bei einer Verkehrsdichte von etwa 3 Mill tkm im Jahre wirtschaftlich. Erhebliche Ersparnisse an Betriebskosten können auch erzielt werden, wenn bei der Umstellung gleichzeitig die Zuggewichte erhöht werden können. Die Frage der Wirtschaftlichkeit einer Elektrisierung kann nicht gelöst werden ohne genaue Prüfung der Betriebs- und Verkehrsverhältnisse, wobei darauf geachtet werden muß, daß alle Vorteile des elektrischen Betriebes auch für die Wirtschaftlichkeit voll zur Geltung kommen. Es ist Aufgabe des Ingenieurs, durch Vereinfachung und Verbilligung aller Anlageteile zur weiteren Verbreitung des elektrischen Zugbetriebes beizutragen, da bisher in vielen Fällen trotz guter Wirtschaftlichkeit die Umstellung der hohen Anlagekosten wegen unterblieben ist. Besonders die Stromverteilungsanlagen, wie Übertragungs- und Fahrleitungen, Kraft- und Unterwerke, haben großen Anteil an den Anlagekosten und müssen in bezug auf Vereinfachung untersucht werden. Auch die zu wählende Stromart spielt hierbei eine Rolle, wobei sich herausstellt, daß Einphasenwechselstrom für Vollbahnen größerer Streckenlänge vorteilhafter ist als Gleichstrom mit auf 1500 oder 3000 V begrenzter Spannung. Der Schutz der Fernmeldeanlagen gegen induktive Beeinflussung bei Wechselstrom bietet keine technischen Schwierigkeiten.

Lokomotiven mit dieselelektrischem Antrieb, bei dem einzelne Vorteile der elektrischen Zugförderung ausgenutzt sind, ohne die Kosten für die ortsfesten Anlagen zu erfordern, sind für Nebenstrecken mit geringer Verkehrsdichte und kleinen Zuggewichten wirtschaftlich. Bei großen Leistungen verschlechtert der Dieselsatz das Gewicht je Leistungseinheit ganz erheblich; außerdem ist der Dieselmotor wenig überlastbar. Unbestritten ist der Vorteil des dieselelektrischen Antriebes für Triebwagen des leichten Personenverkehrs auf Strecken, deren geringe Verkehrsdichte eine Elektrisierung nicht zuläßt. [A. M. Wright, J. Inst. electr. Engr. 77 (1935) S. 826.] *Dtt.*

621. 3. 017. 003 **Die mathematische Behandlung der Form der Belastungskurve im Zusammenhang mit der Verlustdauer der Stromwärmeverluste unter besonderer Berücksichtigung des cos φ.** — Nach einer einleitenden Besprechung über die mannigfaltigen Formen der Belastungsschaulinien und über die Einflüsse auf die Belastungsschwankungen an Hand von Beispielen ist der Verfasser dazu übergegangen, die geordnete Belastungslinie durch eine allgemeine Funktion darzustellen. Anschließend wurden aus einer großen Anzahl zur Verfügung stehenden Kurven verschiedenster Art sog. Normalbelastungslinien entwickelt und darüber Vergleiche mit der bekannten Darstellung von Tröger angestellt. Auf Grund dieser umfangreichen praktischen Untersuchungen wurde für diese Normallinien die Abhängigkeit der Verlustdauer der Stromwärmeverluste vom Belastungsfaktor errechnet und mit den bisherigen Ergebnissen anderer Verfasser zusammengestellt. Die Erkenntnisse daraus führten weiterhin zu einer rechnerischen Darstellung des Einflusses des cos φ auf den Verlustfaktor. Dabei wurde festgestellt, daß bei der Berechnung der Verlustst undenzahl der Scheinstromwärmeverluste nicht der arithmetische Mittelwert der cos φ-Werte einer Belastungskurve, sondern der dichteste Wert maßgebend ist. Diese Feststellung wurde an einer Anzahl von Belastungskurven mit gegebenen cos φ-Verlauf belegt. [W. Wichmann, Dissertation T. H. Berlin 1934.]

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie).

Elektrischer Schnellnachrichtenverkehr in Deutschland[1]). — Der elektrische Schnellnachrichtenverkehr in Deutschland kann erneut nennenswerte Fortschritte aufweisen. In dem am 31. 3. 1936 beendeten Geschäftsjahr der Deutschen Reichspost hat sich mit Ausnahme des Telegrammver-

[1]) s. a. ETZ 56 (1935) S. 1339.

Digitized by Google

kehrs auf allen Gebieten des elektrischen Fernmeldewesens die Belebung fortgesetzt. Die Zahl der Fernsprechstellen ist erneut gewachsen; sie hat jetzt mit 3,27 Mill Sprechstellen einen neuen deutschen Höchststand erreicht, der leicht über der bisherigen Spitze von 3,25 Mill Sprechstellen des Jahres 1931 liegt (Zahlentafel 1). Allerdings ist trotzdem die Sprechstellendichte jenes Vergleichsjahres (5,04 Sprechstellen auf 100 Einwohner) noch nicht erreicht, da die Bevölkerungszahl schneller gewachsen ist. Die tatsächliche Benutzung des Fernsprechers (s. Zahlentafel 2) blieb allerdings auch im Geschäftsjahr 1935/36 hinter der von 1930 zurück. Während damals insgesamt 2,54 Mrd Gespräche vermittelt worden sind, stellte sich der Umfang des Fernsprechverkehrs im letzten Jahre auf erst 2,44 Mrd Gespräche. Lediglich die Schnellgespräche (einschließlich Vorort- und Bezirksgespräche) haben ihren seinerzeitigen Umfang inzwischen übertroffen. Statistisch betrachtet hat im vergangenen Jahre jeder Einwohner rd. 36 Gespräche gegenüber bereits rd. 39 im Jahre 1930 geführt. — Beim Telegrammverkehr hat sich die seit Jahren rückläufige Bewegung zwar etwas gemildert, immerhin ist in der Berichtszeit nochmals eine Verminderung der beförderten Telegramme von 21,8 auf 20,99 Mill eingetreten. Die geringere Inanspruchnahme des Telegraphendienstes entfällt nach wie vor überwiegend auf den Verkehr mit dem Ausland. Unter den im deutschen Verkehr aufgegebenen Telegrammen ist insbesondere das Brieftelegramm weiter in den Vordergrund getreten. Sein Anteil an allen Telegrammen erhöhte sich von 2,2 % im Jahre 1931 auf jetzt 13,4 %. — Die Länge der Fernsprechleitungen hat sich wiederum leicht erhöht, wie auch die Telegraphenleitungen und die Telegraphierstromkreise einen erneuten Ausbau erfahren haben. Dabei haben die Wechselstrom- und Unterlagerungs-Telegraphenverbindungen auf Fernsprechleitungen ihre anteilsmäßige Aufwärtsentwicklung der letzten Jahre spürbar fortgesetzt. — Innerhalb der beweglichen Funkdienste fällt namentlich die weitere Ausstattung von Schiffen mit Sprechsendegeräten auf. Während 1932 erst 89 Schiffe über ein Sprechsendegerät verfügten, waren es Anfang 1936 bereits 168. Die Zunahme des letzten Jahres allein beträgt 24 %. Der Umfang des Verkehrs ist bei den beweglichen Funkdiensten nicht unerheblich. Im öffentlichen Verkehr der deutschen Küstenfunkstellen mit Seefunkstellen hat sich die Zahl der beförderten Telegramme einschließlich der Seefunkgespräche von 96 682 auf 123 678 innerhalb eines Jahres gesteigert. — Im Rundfunk hat sich bekanntlich die Aufwärtsbewegung der Hörerzahlen kräftig fortgesetzt. Von der Frühjahrsspitze des Jahres 1935 bis zu dem Vergleichszeitpunkt des laufenden Jahres sind wiederum fast 900 000 Hörer für den Rundfunk neu gewonnen worden. In den letzten drei Jahren erfolgte somit eine 66prozentige Hörerzunahme. Die 7,6 Mill Hörer vom Mai 1936 entsprechen einer Rundfunkdichte (Rundfunkteilnehmer auf 1000 Einwohner) von 115,1, während es in der Vergleichszeit 1933 erst 68,9 waren.

Zahlentafel 1. Fernsprechstellen und Leitungsnetz.

	Stand Ende März 1934	1935	1936
Fernsprechstellen (in 1000)	2 954	3 134	3 270
davon: Hauptanschlüsse	1 727	1 829	1 896
Nebenanschlüsse	1 142	1 221	1 289
öffentl. Sprechstellen	84	84	85
Auf 100 Einwohner entfallen Sprechstellen	4,5	4,7	4,9
Selbstanschlüsse in % aller Hauptanschlüsse	78,1	82,6	84,9
Fernsprechleitungen (1000 km)	24 800	25 403	25 893
Telegraphenleitungen und Telegraphierstromkreise[1]) (1000 km)	371	402	476
davon: Telegraphenleitungen	134	123	149
Telegraphierstromkreise[2])	237	279	327

[1]) Auf Fernsprechleitungen.
[2]) Wechselstrom- und Unterlagerungs-Telegraphenverbindungen.

Zahlentafel 2. Sprechverkehr und Telegrammverkehr.

	1933	1934	1935
Vermittelte Gespräche (in Mill)	2 179	2 291	2 436
davon: Ortsgespräche	1 943	2 041	2 168
Ferngespräche	188	199	211
Schnellgespräche	48	51	56
Auf 100 Einwohner entfallen Gespräche	3 342	3 439	3 632
Beförderte Telegramme[1]) (in Mill)	23,6	21,8	20,99
davon: Innerhalb des Deutschen Reiches	14,2	13,8	13,7
Auf 100 Einwohner entfallen Telegramme[2])	25,5	23,7	23,4

[1]) Draht- und Funkverkehr.
[2]) Aufgegebene Inlands- und Auslandstelegramme.

Regionale und Größengliederung der deutschen Elektroindustrie. — Die Ergebnisse der gewerblichen Betriebszählung von 1933 bestätigen die Bedeutung Berlins als Hauptstandort der deutschen elektrotechnischen Industrie. Gemessen an den damals Beschäftigten (169 000, heute fast 300 000) entfielen 44,5 % auf die Reichshauptstadt, die neben den bekannten Großunternehmen auch eine Reihe von Werken der Spezialindustrie beherbergt. Mit erheblichem Abstande folgen nach Berlin Nordbayern, Sachsen, Württemberg und die Rheinprovinz, wobei diese Erzeugungsgebiete wiederum fast 30 % aller Beschäftigten auf sich vereinigen. Wie Zahlentafel 1 zeigt, sind sodann noch Westfalen, Hessen-Nassau, Baden und Thüringen besondere Gebiete der elektrotechnischen Erzeugung, während alle übrigen Reichsgebiete kaum über einen jeweiligen Anteilsatz von 1 % hinauskommen.

Die nach der Statistik der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie aufgestellte Zahlentafel 2 gibt einen Überblick über die Betriebsgrößenklassen der deutschen Elektroindustrie. Es zeigt sich hierbei das nicht nur die deutsche Elektroindustrie, sondern auch die amerikanische oder englische Elektrotechnik kennzeichnende Bild, daß 34 Firmen mit mehr als 1000 Beschäftigten, also nur etwas mehr als 2 % aller Firmen, gut zwei Drittel der elektrotechnischen Erzeugung darstellen. Die Aufstellung zeigt jedoch auch, daß sich zwischen die Großunternehmen und die kleinen Betriebe mit weniger als 35 Beschäftigten die Spezialindustrie mit einem erheblichen Anteil einschiebt. So gibt es in Deutschland neben den erwähnten Großunternehmen allein rund 250 Firmen mit mehr als 100 Beschäftigten. Auf diese Werke entfällt wiederum ein Viertel der elektrotechnischen Erzeugung.

Zahlentafel 1. Regionale Gliederung der Elektroindustrie*) (Stand Mitte 1933).

Länder Provinzen	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Beschäftigten	Anteil der Gebiete in Prozent an der Gesamtbeschäftigung
Preußen	1 265	115 234	68,1
Ostpreußen	3	20	—
Berlin	615	75 150	44,5
Brandenburg	37	4 724	2,2
Pommern	12	75	—
Grenzm. Posen-Westpreußen	—	—	—
Niederschlesien	15	967	0,6
Oberschlesien	2	861	0,6
Sachsen	59	715	0,4
Schleswig-Holstein	13	1 228	0,8
Hannover	32	1 770	1,4
Westfalen	166	9 547	5,7
Hessen-Nassau	101	8 158	4,8
Rheinprovinz	209	11 927	7,1
Hohenzollern	1	92	—
Bayern	257	14 847	8,8
Nordbayern	148	12 821	7,5
Südbayern	98	1 924	1,2
Pfalz	11	102	0,1
Sachsen (Land)	253	11 957	7,1
Württemberg	174	13 294	7,8
Baden	89	5 774	3,4
Thüringen	296	4 345	2,6
Hessen	28	820	0,5
Hamburg	47	1 290	0,8
Mecklenburg	5	22	—
Oldenburg	1	170	0,1
Braunschweig	11	998	0,6
Bremen	15	240	0,2
Anhalt	4	45	—
Lippe	1	2	—
Lübeck	2	7	—
Schaumburg-Lippe	1	30	—
Deutsches Reich	2 449	169 075	100

*) Quelle: Gewerbliche Betriebszählung von 1933.

Zahlentafel 2. Größengliederung der Unternehmungen (Ende 1935).

Größenklassen nach der Zahl der Beschäftigten	Firmen Anzahl	Firmen in Prozent aller Firmen	Beschäftigte Anzahl	Beschäftigte in Prozent aller Beschäftigten
unter 35	886	62,4	12 607	4,4
über 35 ... 100	250	17,6	15 508	5,3
100 ... 200	128	9,0	18 411	6,3
200 ... 500	88	6,2	27 633	9,6
500 ... 1000	36	2,5	23 941	8,3
1000	34	2,3	191 062	66,1
Insgesamt	1422	100,0	289 162	100,0

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Mitgliederversammlung des VDE im Jahre 1937

Die 39. Mitgliederversammlung des VDE findet vom 12. bis 14. August 1937 in Königsberg statt.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Isolierstoffe.

Wie bereits in ETZ 57 (1936) H. 24, S. 695 mitgeteilt wurde, sind folgende Normblätter aufgestellt worden:

DIN 7711 Hartgummi, Technische Lieferbedingungen,

DIN 7712 Hartgummi-Platten,

DIN 7713 Hartgummi-Stangen, rund.

Die Bearbeitung dieser Normblätter ist abgeschlossen, so daß mit dem Erscheinen der Blätter in Kürze zu rechnen ist. Ferner wurde die Reihe dieser Blätter durch ein weiteres Blatt

DIN 7714 Hartgummi-Rohre

erweitert, dessen Entwurf demnächst bekanntgegeben wird. Wie schon seinerzeit mitgeteilt, hat die Aufstellung dieser Normblätter eine Neubearbeitung des bisherigen Wortlautes von VDE 0322 notwendig gemacht. Der Unterausschuß „Gummihaltige Stoffe" hat diese Neubearbeitung nunmehr abgeschlossen.

Nachstehend wird ein Entwurf zu

VDE 0322 „Leitsätze für die Prüfung von Hartgummi"

veröffentlicht. An Stelle der bisher in den Leitsätzen enthaltenen Tafeln wird nunmehr lediglich auf die obengenannten Normblätter verwiesen. Die Prüfbestimmungen wurden erweitert und zum Teil geändert.

Einsprüche und Anregungen zu dem Entwurf sind bis spätestens zum 8. Dezember 1936 an die Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer.
Blendermann.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

VDE 0322

Leitsätze für die Prüfung von Hartgummi.

Inhaltsübersicht

I. Gültigkeit.
§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.
II. Begriffserklärung.
§ 3.
III. Beschaffenheit.
§ 4. Oberfläche. Farbe.
§ 5. Abmaße.
§ 6. Arten. Eigenschaften.
IV. Prüfbestimmungen.
A. Allgemeines.
§ 7. Anwendung der Prüfbestimmungen.
§ 8. Versuchstemperatur.
§ 9. Spezifisches Gewicht.
B. Mechanische Prüfungen.
§ 10. Biegefestigkeit. Schlagbiegefestigkeit.
C. Thermische Prüfungen.
§ 11. Wärmefestigkeit.
§ 12. Glutfestigkeit.
D. Elektrische Prüfungen.
§ 13. Oberflächenwiderstand.
§ 14. Widerstand im Innern (Stöpsel-Verfahren).
§ 15. Durchschlagspannung.
F. Chemische Prüfungen (Analyse).
§ 16. Asche.
§ 17. Azetonlösliche und verseifbare Stoffe.
§ 18. Schwefel.

I. Gültigkeit.

§ 1.
Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am . . . . . in Kraft[1]).

§ 2.
Geltungsbereich.

Diese Leitsätze gelten für Platten, Stangen, Rohre und beliebige Formstücke aus Hartgummi (siehe § 3).

II. Begriffserklärung.

§ 3.

Als Hartgummi wird ein Isolierstoff aus Kautschuk bezeichnet, der unter Zusatz von Schwefel durch Heißvulkanisation gehärtet ist; hierbei können Füllmittel zugesetzt werden.

III. Beschaffenheit.

§ 4.
Oberfläche. Farbe.

Die Oberfläche von Hartgummi ist unbearbeitet, geschliffen oder poliert.

Die Farbe von Hartgummi ist gewöhnlich schwarz. Hartgummi wird auch in anderen Farben geliefert.

§ 5.
Genormte Abmessungen.

Für Hartgummi in Platten, Stangen und Rohren sind genormte Abmessungen und Toleranzen in folgenden Normblättern festgelegt:

DIN 7712 Hartgummi-Platten.
DIN 7713 Hartgummi-Stangen.
DIN 7714 Hartgummi-Rohre, rund[2]).

Für Formstücke sind Toleranzen besonders zu vereinbaren.

§ 6.
Arten. Eigenschaften.

Für Hartgummi sind 5 Arten (Qualitäten Hgi 1, 2, 3, 4, 5) durch Grenzwerte festgelegt. Hierfür gilt das Normblatt

DIN 7711 Hartgummi, Technische Lieferbedingungen.

IV. Prüfbestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 7.
Anwendung der Prüfbestimmungen.

Falls zum Nachweis bestimmter Eigenschaften Prüfungen erforderlich sind, sollen sie in der hier festgelegten Weise durchgeführt werden. Es ist also nicht erforderlich, bei einer Prüfung alle Versuche durchzuführen.

§ 8.
Versuchstemperatur.

Die Untersuchungen auf mechanische und elektrische Eigenschaften werden nach Angleichung des Prüflings an die Raumtemperatur (15 ° bis 25 °, im Streitfalle 20 °) ausgeführt.

[1]) Genehmigt durch .....
Vorher hat eine andere Fassung dieser Leitsätze bestanden (gültig ab 1. 7. 1934), die in ETZ 54 (1933) S. 1152 u. 55 (1934) S. 152 veröffentlicht war.

[2]) In Vorbereitung.

Digitized by Google

§ 9.

Spezifisches Gewicht.

Das spezifische Gewicht wird nach der Schwebemethode in Zinkchloridlösung bei 20 ° bestimmt.

B. Mechanische Prüfungen.

§ 10.

Biegefestigkeit. Schlagbiegefestigkeit.

Die Biege- und Schlagbiegefestigkeit werden im Anlieferungszustand bei Raumtemperatur (vgl. § 8) nach VDE 0302 „Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe", jedoch an Stäben von 5 mm × 5 mm × 60 mm festgestellt.

Falls die vorhandenen Proben die Anwendung kleinerer Stäbe notwendig machen, ist dieses im Prüfbericht zu vermerken.

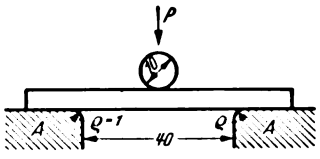


Abb. 1. Auflager beim Biegeversuch.

Die Entfernung der Auflager beträgt 40 mm (siehe Abb. 1 und 2).

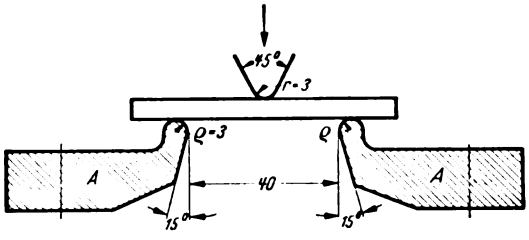


Abb. 2. Auflager beim Schlagbiegeversuch.

C. Thermische Prüfungen.

§ 11.

Wärmefestigkeit.

a) Die Wärmefestigkeit nach Martens wird nach VDE 0302, jedoch an Stäben von 5 mm × 5 mm × 60 mm in einem Prüfgerät nach Abb. 3 bestimmt.

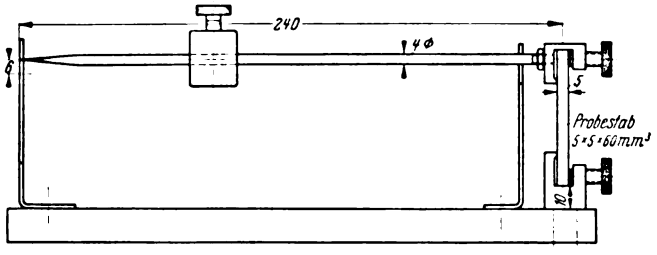


Abb. 3. Prüfgerät zur Bestimmung der Wärmefestigkeit nach Martens.

Falls die vorhandenen Proben die Anwendung kleinerer Stäbe notwendig machen, ist dieses im Prüfbericht zu vermerken.

b) Die Wärmefestigkeit nach Vicat wird nach VDE 0302, jedoch an 5 mm dicken Stücken, bestimmt.

§ 12.

Glutfestigkeit.

Die Glutfestigkeit wird nach VDE 0305 „Leitsätze für die Bestimmung der Glutfestigkeit von Isolierstoffen", jedoch an Stäben von 5 mm × 3 mm × 60 mm festgestellt; wegen der veränderten Abmessungen ist zur Bestimmung des Gütegrades der Gewichtsverlust durch Multiplikation mit dem Faktor 3 umzurechnen.

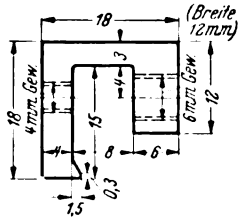


Abb. 3a. Obere Einspannvorrichtung zu dem Prüfgerät nach Abb. 3.

D. Elektrische Prüfungen.

§ 13.

Oberflächenwiderstand.

Der Oberflächenwiderstand wird nach § 9 von VDE 0303/1929 „Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen" an einer ebenen Platte von 150 mm × 150 mm × 5 mm mit 1000 V Gleichspannung nach 24-stündigem Liegen in Wasser von Raumtemperatur festgestellt.

§ 14.

Widerstand im Innern (Stöpsel-Verfahren).

Der Widerstand im Innern wird nach 4-tägigem Liegen in Luft von 80 % relativer Feuchtigkeit (vgl. VDE 0308 „Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe") bei Raumtemperatur mit 1000 V Gleichspannung und 60 s nach Anlegen der Spannung gemäß § 10 a) von VDE 0303/1929 bestimmt.

§ 15.

Durchschlagspannung.

Die Durchschlagspannung wird nach § 16 a) von VDE 0303/1929 an 5 ebenen Platten von je 150 mm × 150 mm × 5 mm im Anlieferungszustand mit Wechselstrom von 50 Per/s gemessen.

Die Platten werden in der Mitte mit einem kugelförmigen Formsenker von 20 mm Durchmesser auf einer Seite so tief angebohrt, daß die Dicke des Isolierstoffes an der dünnsten Stelle 1 bis 2 mm beträgt. Als Elektrode dient auf der unteren ebenen Seite der Platte eine Plattenelektrode von 15 mm Durchmesser und einer Kantenabrundung von 2,5 mm. Auf der oberen Seite wird die Vertiefung mit Quecksilber gefüllt oder eine mit Metallfolie belegte Kugelelektrode von 20 mm Durchmesser verwendet (vgl. § 18 von VDE 0303/1929).

Aus der Durchschlagspannung wird nach § 17 von VDE 0303/1929 die Durchschlagsfestigkeit errechnet und in kV/cm angegeben.

E. Chemische Prüfungen (Analyse).

§ 16.

Asche.

Der Gehalt an mineralischen Stoffen (Asche) ist durch Veraschung über einem Bunsenbrenner in einem Porzellantiegel zu bestimmen. Er beträgt bei „Hgi 1" höchstens 2 %, bei „Hgi 2" höchstens 3 %.

§ 17.

Azetonlösliche und verseifbare Stoffe.

a) Der Gehalt an azetonlöslichen Stoffen (einschließlich freien Schwefels) ist nach folgendem Verfahren zu bestimmen:

2-mal je 5 g geraspeltes Hartgummi werden im Normalgerät mit Azeton 8 h lang auf dem Wasserbade ausgezogen. (Das Azeton wird über entwässertem Kaliumkarbonat frisch destilliert. Zur Extraktion wird die Fraktion zwischen 56 ° und 57 ° verwendet.) Die im Azeton löslichen Bestandteile werden durch Abdestillieren des Azetons aus dem Azetonextrakt gewonnen und, von jeder Probe für sich, bei 80 ° im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Der Gehalt an azetonlöslichen Stoffen (einschließlich freien Schwefels) darf bei „Hgi 1" und „Hgi 2" höchstens 5 % betragen.

b) Der Gehalt an verseifbaren Stoffen ist nach folgendem Verfahren zu bestimmen:

Der nach a) mit Azeton ausgezogene und bei 50 ° bis 60 ° getrocknete Rückstand einer 5 g-Probe wird sofort in einem 200 cm³-Kolben mit 50 cm³ Benzol übergossen. Nach mindestens 12-stündigem Stehen fügt man zu der aufgequollenen Masse 50 cm³ n/2-alkoholische Kalilauge hinzu und erhitzt 4 h lang am Rückflußkühler auf dem Wasserbade zum Sieden, filtriert in ein Becherglas und wäscht zuerst mit 100 cm³ heißem absolutem Alkohol und dann mit 50 cm³ heißem Wasser. Der Inhalt des Becherglases wird bis auf 15 cm³ eingedampft, in einen Schüttel-

Digitized by Google

trichter gespült, mit Wasser auf etwa 100 cm³ verdünnt, mit verdünnter Salzsäure angesäuert und mit Äther ausgeschüttelt, bis der Äther farblos bleibt. Die ätherische Lösung wird vorsichtig (möglichst ohne Sieden) in einem mit Siedesteinen beschickten, getrockneten und gewogenen Becherglas eingedampft und bei 100 ° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Der Gehalt an verseifbaren Stoffen beträgt bei „Hgi 1" höchstens 4 %, bei Platten und Formstücken aus „Hgi 2" höchstens 5 %, bei Stangen und Rohren aus „Hgi 2" höchstens 10 %.

§ 18.

Schwefel.

a) Der Gehalt an freiem Schwefel ist nach folgendem Verfahren zu bestimmen:

Die nach § 17 a) gewonnenen azetonlöslichen Bestandteile werden zur Bestimmung des gesamten in Azetonlösung gegangenen Schwefels mit einer Lösung von 0,2 g Magnesiumoxyd in 20 cm³ Bromsalpetersäure bis zur vollständigen Oxydation des Schwefels zunächst auf dem Wasserbade, später auf dem Sandbade erhitzt. Dann wird der Inhalt des Kolbens mit Wasser in einer Porzellanschale gespült und zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird 3-mal mit je 5 cm³ konzentrierter Salzsäure abgeraucht. Nach Aufnahme des Rückstandes mit 5 cm³ konzentrierter Salzsäure und Verdünnen mit Wasser auf 100 cm³ wird die siedend heiße Lösung mit 15 cm³ heißer n/1-Bariumchloridlösung versetzt. Dann wird das Bariumsulfat bestimmt und hieraus der Gehalt an freiem Schwefel berechnet.

Die Bromsalpetersäure wird hergestellt, indem man in einer Flasche Salpetersäure (spez. Gewicht mindestens 1,48) mit 10 % reinem Brom versetzt, kräftig umschüttet und einige Stunden stehenläßt.

Die Bariumchloridlösung enthält 112,16 g $BaCl_2 \cdot 2\,Hg_2O$ auf 1 l Lösung.

Der Gehalt an freiem Schwefel beträgt bei „Hgi 1" und „Hgi 2" höchstens 3 %.

b) Der Gesamtschwefelgehalt wird nach dem Verfahren von Rothe bestimmt (vgl. DVM-Druckschrift Nr. 76/1925 „Richtlinien für die Prüfung von Kautschuk", S. 11). Er beträgt bei „Hgi 1" und „Hgi 2" 25 bis 30 %.

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus. Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885. Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Gauversammlung

am Dienstag, dem 24. November 1936, 20^{00}, im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Prof. Dr.-Ing. E. h. J. Biermanns VDE, Berlin, über das Thema:

„Fortschritte im Transformatorenbau".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

der Fachgruppe „Funktechnik und Verstärkertechnik

Fachgruppenleiter: Prof. Dr. H. Fassbender VDE.

Vortrag

des Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. W. Wolman VDE am Dienstag, dem 1. Dezember 1936, um 20^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal 25, über das Thema:

„Hochfrequenz-Nachrichtenübertragung über Starkstromleitungen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Melbom.
20. 11. 1936 „Die Verwendung des regelbaren Motors in der Industrie". Vortragender: Dipl.-Ing. W. Schlotmann VDE.

Kabeltechnik. Leiter: Dipl.-Ing. F. Kaiser VDE.
23. 11. 1936 „Einfluß der Verseilung auf die Eigenschaften der Fernsprechkabel". Vortragender: Dipl.-Ing. K. Wenk. Beginn: 18^{30}.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baumstr. a. D. Dr.-Ing. H. Kother VDE.
24. 11. 1936 „Aussprache über den Vortrag des Professors Dr.-Ing. Paul Müller vom 3. 11. 1936: Aus der Geschichte der Elektrisierung von Bahnen".

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. W. Böhlau.
25. 11. 1936 **Eröffnungsabend:** „Die verschiedenen Gleichrichterarten und ihre technischen Eigenschaften". Vortragender: Dr.-Ing. W. Böhlau.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. A. Allerding VDE.
26. 11. 1936 „Besichtigung des Radioröhrenwerkes der Firma Osram". Eintritt nur mit Karte (s. VDE-Mitteilungen Nr. 12).

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. Boekels VDE.
2. 12. 1936 „Verlustwinkelmessung". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Mau VDE.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. A. Aigner VDE.
3. 12. 1936 „Netzkupplung über Ausgleichregler". Vortragender: Dr.-Ing. K. Menny.

Für sämtliche Arbeitsgemeinschaften:
10. 12. 1936 **„Besichtigung der VDE-Prüfstelle** im VDE-Haus".
Treffpunkt: Für die I. Gruppe um 18^{00}, für die II. Gruppe um 18^{30} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses. Die Besucherzahl ist beschränkt. Aus diesem Grunde werden für die Teilnehmer besondere Karten ausgegeben. Anmeldung bis spätestens 7. 12. 1936 in unserer Geschäftstelle. Wünsche für die Zuteilung zu einer bestimmten Gruppe werden nach Möglichkeit berücksichtigt.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

Gau Danzig. 30. 11. (Mo), 20^{00}, T. H.: „Öllose Hochspannungsschalter" (m. Lichtb.). Obering. O. Mayr VDE.

Gau Halle. 23. 11 (Mo), 20^{15}, Stadtschützenhaus: „Öl in Schaltanlagen und ölarme Hochleistungsschalter" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. E. König VDE.

Gau Niederrhein, Rheydt. 19. 11. (Do), 20^{15}, Palasthotel: „Neuere Entwicklung der elektromotorischen Antriebe". Dipl.-Ing. O. Orthuber VDE.

Gau Niedersachsen, Hannover. 24. 11. (Di), 20^{15}, T. H.: „Die Regulierung von Wechselstromnetzen nach der Synchron-Uhrzeit". Dipl.-Ing. August VDE.

Gau Nordmark, Kiel. 24. 11. (Di), 20^{00}, Restaurant „Eiderhalle" in Rendsburg: „Neuerungen auf dem Gebiete des Schaltanlagenbaues". Dr. H. Freiberger VDE.

Gau Oberschlesien, Hindenburg (gemeinsam mit NSBDT und RTA). 24. 11. (Di), 17^{00}, Donnersmarckhütte: „Einige Probleme der Elektrizitätswirtschaft". Dr.-Ing. C. Th. Kromer VDE.

Gau Pommern, Stettin. 20. 11. (Fr), 20^{15}, Konzerthaus: „Die Probleme des Elektromotors in Technik, Wirtschaft und Kulturgeschichte". Obering. Bunzl.

Gau Saar, Saarbrücken. 27. 11. (Fr), 20^{00}, Handwerkskammer: „Neue Erkenntnisse im Bau von geschlossenen Sicherungen" (m. Lichtb.). Dr. Johann.

Gau Südsachsen, Chemnitz. 19. 11. (Do), 20^{00}, Städt. El.-Werk: „Fortschritte in der Beleuchtung von Arbeitsräumen unter bes. Berücks. der Metalldampflampen". Obering. Steege VDE.

Gau Südsachsen, Chemnitz, Stützpunkt Plauen. 30. 11. (Mo), 20^{00}, Ratskeller zu Plauen: „Planungs- und Ausführungsfragen für Kondensatorenanlagen zur Leistungsfaktoren-Verbesserung" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. B. Stauch.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Dornig †.

Am 30. 10. d. J. starb in Berlin-Dahlem an einem Magenleiden Herr Dr.-Ing. E. h. Walter Dornig VDE im Alter von nur 55 Jahren. In ihm ist ein mit großem Anschauungsvermögen begabter Ingenieur dahingegangen. Die Ausbildung wurde ihm nicht in der herkömmlichen Form dargeboten; er ging den letzten Erkenntnissen selber nach und nahm sie, durch ernste Studien vertieft, in der reinen Gestalt in sich auf, die sich der Auffassung und dem Gedächtnis als dauernder Gewinn einprägt. Schon in jungen Jahren gelangte Dornig zu einer leitenden Stellung als Konstrukteur des Elektromaschinenbaues bei den Elektromotorenwerken Heidenau i. Sa. Hier schon traten sein rasches und sicheres Einfühlen in neue Aufgaben und die Leichtigkeit der Auffindung neuer Lösungen und Wege zutage. Er übernahm dann bei Telefunken die Aufgabe, eine Sendeanlage (damals noch ungedämpfte Schwingungen) für 100 kW Antennenleistung, sowie eine über die damalige Größe von 10 kW weit hinausgehende Hochfrequenzmaschine für 400 kW zu bauen. An weiteren drahtlosen Stationen baute dann Dornig u. a. noch Pola und Deutsch-Altenburg. „In Anerkennung dieser Leistungen im Bau großer drahtloser Sendestationen" verlieh ihm die T. H. Breslau 1921 die Würde des Doktor-Ingenieur E. h.

Um seinen eigenen Ideen in stärkerem Maße nachgehen zu können, machte sich Dornig nun selbständig und gründete ein Laboratorium. Hier befaßte er sich mit Forschungen und Neuerungen in der Hochfrequenztechnik und auf andern Gebieten, die seinen Namen in weiten Kreisen bekannt machten. Erwähnt seien nur die Patente „Tourenregulierung von Hochfrequenzumformern", der „Vielfrequenzgenerator" und die „Metall-, insbesondere Quecksilberdampflampe".

W. Dornig †.

Über diese und weitere Arbeiten berichtete er fleißig in der ETZ, und zwar in den Jahrgängen 1919 bis 1933. Sein Fleiß war bewundernswert. Außerhalb der technischen Arbeiten war er auch noch sein eigener Kaufmann und Patentanwalt.

Dornigs Persönlichkeit wirkte stark anregend in den Unterhaltungen mit ihm, die daneben von einer außergewöhnlichen Bescheidenheit getragen wurden. Unbefangen und fröhlich gab er sich im Kreise seiner Freunde, die ihn nicht vergessen werden. *e*

Xaver Mayer. — Am 11. 11. feierte Herr Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Xaver Mayer VDE sein 25jähriges Dienstjubiläum, das mit dem 25jährigen Jubiläum der Großkraftwerk Stettin AG. zusammenfällt. Herr X. Mayer wurde am 20. 4. 1881 in Gunzenhausen (Mittelfranken) geboren, trat nach Ablegung des Diplomexamens an der Technischen Hochschule München in die Dienste bei der Firma Felten & Guilleaume Lahmeyer-Werke, Frankfurt a. Main, und siedelte 1908 als Betriebsdirigent zu der Kaiserlichen Werft, Wilhelmshaven, über. 1911 übernahm er die Bauleitung bei der Kraftwerk Stettin G. m. b. H. und wurde 1912 zum Direktor und Geschäftsführer der Firma bestellt. 1922 erfolgte die Ernennung zum alleinigen Vorstandsmitglied nach Umgründung der G. m. b. H. in die Großkraftwerk Stettin AG. Unter den vielen Ehrenämtern, die Herr X. Mayer bekleidet hat und noch bekleidet, ist für den Elektrotechniker seine Tätigkeit als Vorstandsmitglied des Verbandes Deutscher Elektrotechniker von 1921 bis 1924 und von 1926 bis 1931 besonders erwähnenswert.

Xaver Mayer.

Seiner rastlosen Tätigkeit ist es zu verdanken, daß das Großkraftwerk Stettin AG. sich aus den kleinen Anfängen zu einer bedeutenden Versorgungsanlage entwickelt hat.

Die Technische Hochschule Darmstadt ehrte seine Verdienste um die Elektrizitätsversorgung durch Ernennung zum Dr.-Ing. E. h. im Jahre 1924.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Berlin. 26. 11. (Do), 17^{30}, T. H., alter physikalischer Hörsaal: 1. „Über die Anregung von Luminophoren in der Neon-Leuchtröhre". A. Rüttenauer. 2. „Erfahrungen in der Anwendung von Metalldampflicht in Werkräumen". J. Schaer.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft Gau West, Münster. 27. 11. (Fr), 20^{00}, Haus der Technik, Essen: „Richtiges Licht am Fahrzeug" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dipl.-Ing. W. Heller.

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik, Berlin. 4. 12. (Fr), 10^{00}, Ingenieurhaus: Hauptversammlung mit drei Vorträgen. 1. „Abhängigkeit der Verformung von Struktur, Stoff und Gestalt". Dr.-Ing. Seidl. 2. „Untersuchungen menschlicher und tierischer Knochen nach den Grundsätzen technischer Werkstoffprüfung". Dr. med. habil. Haase und Dipl.-Ing. Richter. 3. „Reichsautobahnen und Stoffprüfung". Prof. O. Graf. Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Berlin NW 7, Dorotheenstraße 40.

Verein deutscher Ingenieure, Berlin. 1. u. 2. 12. (Di u. Mi), Säle des Zoologischen Gartens: Wissenschaftliche Tagung „Prüfen und Messen".

Berichtigung.

In meinem Aufsatz „Einige Grundfragen des Elektroofenbaues" in Heft 40, S. 1139, waren die Strahlungseigenschaften eines profilierten Bandes unter der Bezeichnung „Felge" gegenüber denen eines Heizkörpers mit rechteckigem Querschnitt erörtert. Das Wortzeichen „Felge" ist, wie ich nachträglich erfahre, der Firma Otto Junker G. m. b. H., Lammersdorf, für industrielle Öfen als Warenzeichen geschützt. Meine Ausführungen beziehen sich aber ganz allgemein auf profilierte Heizkörper.

W. Fischer VDE.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 13. November 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 26. November 1936** **Heft 48**

Die Entwicklung der elektrischen Energiefernübertragung.

Von **Karl Kühn VDE**, Dresden.

621. 311. 1

Übersicht. Über die Entwicklung der elektrischen Energiefernübertragung in technischer und wirtschaftlicher Beziehung wird berichtet.

Die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch Werner v. Siemens im Jahre 1866 und der daran anknüpfende Bau von Gleichstromgeneratoren und -motoren, die 1870 einsetzende Entwicklung von elektrischen Öfen und die Schaffung von marktfähigen Glühlampen 1878/79 durch Edison auf Grund der 1874 von Göbel gemachten Versuche ebneten den Weg zu einer Stromerzeugung und -verwendung im großen, wodurch dann bald das Bedürfnis nach einer Zuführung der Energie auch an räumlich weit auseinanderliegende Verbraucher entstand. Dies führte zur Entwicklung der elektrischen Energiefernübertragung, die die Grundlage für einen neuen Wirtschaftszweig, die Elektrizitätsversorgung, wurde. Diese gab wieder ihrerseits der elektrischen Energiefernübertragung neuen Auftrieb sowohl bei Freileitungen als auch bei Kabeln und umgekehrt, so daß die Entwicklung beider sich wechselseitig befruchtete.

Einer der ersten Versuche zur Übertragung der Elektrizität über größere Entfernung war die 1873 auf der Weltausstellung in Wien zum Antrieb einer Wasserpumpe gezeigte Übertragung über 500 m. Neben der Freileitung, die zunächst für die ersten Fernübertragungen verwandt wurde, wurde auch bald das Kabel entwickelt. 1880 wurde erstmalig in Deutschland ein Starkstromkabel 7×4 mm² für 220 V zur Energieübertragung unter einer Straße hindurch verlegt[1]).

Ein weiterer beachtenswerter Versuch war die 1882 auf der Münchner Ausstellung vorgeführte Kraftübertragung mit Gleichstrom von 1300 V über die 57 km lange Strecke von Miesbach nach München. Jetzt entstanden auch die ersten Anfänge der Versorgungsnetze und die ersten größeren Elektrizitätswerke, so im Mai 1884 in Berlin das erste öffentliche Elektrizitätswerk mit privatem Kapital, nachdem vorher einige Blockzentralen bestanden. Von 1887 bis 1890[2]) kamen weitere Elektrizitätswerke, zum Teil als rein städtische Werke in Betrieb, so z. B. in Lübeck, Elberfeld-Barmen, Darmstadt, Hannover, Köln, Kassel und Königsberg. Alle diese Werke arbeiteten mit Gleichstrom. Eins der ersten Wechselstromnetze in Deutschland entstand 1890 in Reichenhall. Die ersten Netze mit dem 1888 von Dolivo Dobrowolsky vorgeschlagenen Drehstrom wurden 1892 in Erding und 1893 in Chemnitz errichtet. Durch Einführung der Eisenbandarmierung (1885) und der Papierisolation (1890) konnte man inzwischen zuverlässige Kabel herstellen, die den Ausbau der städtischen Netze ermöglichten, für die von vornherein kaum eine andere Übertragung als durch Kabel in Frage kam.

Sehr bedeutsam für die Weiterentwicklung war die anläßlich der internationalen elektrischen Ausstellung in Frankfurt a. M. 1890 errichtete und 1891 in Betrieb genommene eletrische Kraftübertragung über 175 km von Lauffen bis Frankfurt a. M.[3]) für 200 kVA mit Drehstrom von zunächst 8800 V, später versuchsweise 27 000 V. Die Leitung war auf 8 m hohen Holzmasten bei 60 m Spannweite verlegt und besaß Stützisolatoren, deren unterer Rand zu einer Ölrinne nach innen umgeformt war. Als Leiter wurden blanke Kupferdrähte von 4 mm Dmr. verwendet. Auf Grund der zufriedenstellenden Ergebnisse dieses Versuches baute man in den nächsten Jahren weitere Übertragungsanlagen mit Drehstrom bis zu 10 kV. Nach 1900 konnte die Überlandversorgung, durch die nach und nach zunächst die größeren Dörfer mit Strom versorgt wurden, in größerem Umfange ausgebaut werden. Hierbei entstanden die ersten 15-, 20- und 30 kV-Freileitungen. 1903 wurden die ersten 20- und 30 kV-Kabel und 1910 das erste 50 kV-Kabel[4]) in Betrieb genommen.

1911 wurde in Deutschland die erste 100 kV-Leitung von Lauchhammer nach Riesa mit einer Länge von 67 km gebaut und am 21. 1. 1912 in Betrieb gesetzt[5]). Diese Leitung, die heute nach beinahe 25 Jahren noch in Betrieb ist und in der Hauptsache Betriebszwecken der Lauchhammer AG. dient, ist eine Drehstrom-Doppelleitung mit eisernen Gittermasten (Abb. 1) von 18 bis 20 m Höhe. Die Spannweite beträgt bis auf einige 200 m lange Felder 150 m. Als Leiter sind 42 mm²-Kupferseile verlegt worden, das Erdseil aus Stahl hat einen Querschnitt von 50 mm², und die Phasenabstände betragen 1,78 m. Zur Isolation dienten zunächst Hängeketten mit 5 Gliedern, ähnlich der Form der Deltaglocken. Für die Abspannketten wurden Isolatoren der Fischschwanzform gewählt, und zwar je 6 Stück für eine Kette. Bemerkenswert ist, daß an den Eisenbahnkreuzungen Schutzbrücken vorgesehen wurden. Interessant sind auch die 37 und 43 m hohen Elbkreuzungstürme, die mit Doppelketten ausgerüstet sind. Die Seile des Kreuzungsfeldes bestehen aus 7 Drähten von elektrolytisch reinem Kupfer mit einem Querschnitt von je 10 mm² und sind mit 5-facher Sicherheit gegen Bruch gespannt. 1912 wurde noch eine weitere 100 kV-Leitung von Homburg nach Ludwigshafen erstellt.

In den Kriegs- und ersten Nachkriegsjahren wurde die Fortentwicklung der Übertragungsanlagen in gewisser Hinsicht naturgemäß gehemmt, obwohl gerade im Kriege einige Leitungen zur ausreichenden Energieversorgung wichtiger Gebiete gebaut werden mußten. In dieser Zeit begannen auch verschiedene Staaten in Erkenntnis der kommenden großen Bedeutung der Elektrizitätsversorgung sich für diese zu interessieren und sich selbst daran zu beteiligen. 1920 setzte eine stärkere Bauperiode ein,

[1]) Meyer, 50 Jahre bei Siemens S. 34.

[2]) Die Elektrizitätswirtschaft im Deutschen Reich (1935) S. 7, herausgegeben von der WEV. Elektr.-Wirtsch. 33 (1934) S. 133.

[3]) Uppenborn, ETZ 8 (1892) S. 379 u. 388; über die Meßergebnisse an der Übertragung siehe ETZ 8 (1892) S. 345.

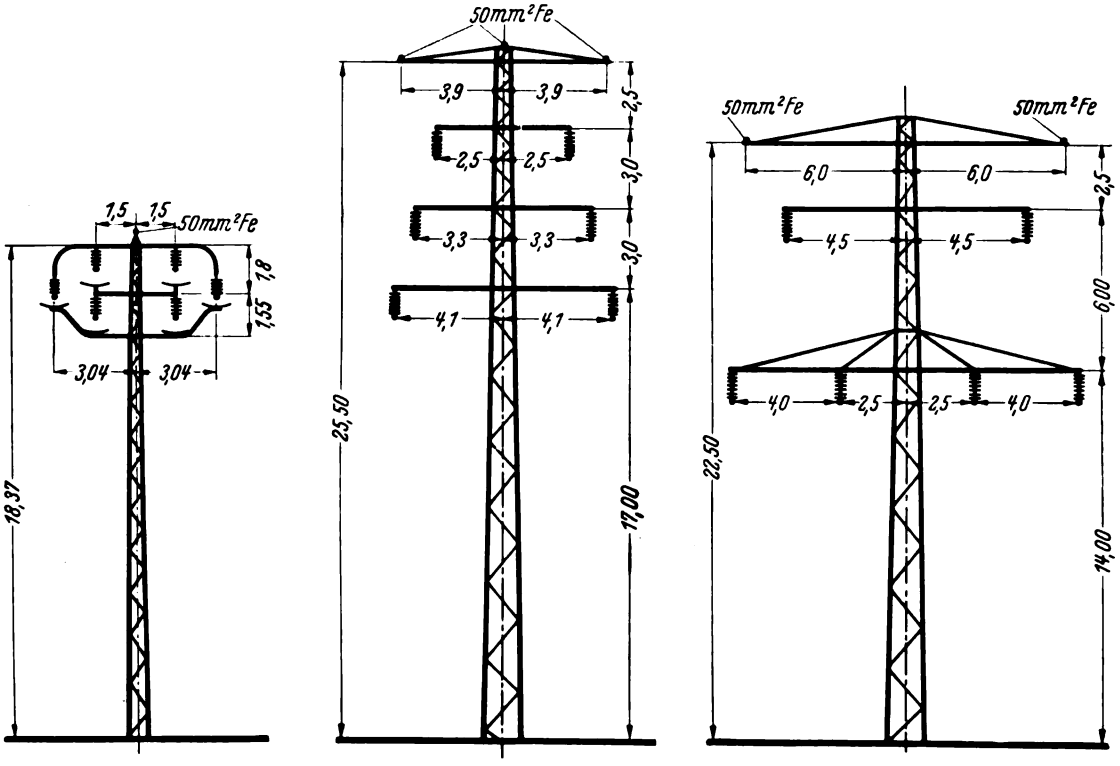
[4]) ETZ 31 (1910) S. 773.

[5]) Fischinger, ETZ 32 (1911) S. 815.

Digitized by Google

die 1922 bis 1928 besonders rege war und 1930 ihren Ausklang fand. In dieser Zeit entstanden besonders die ausgedehnten Netze von 30 bis 100 kV, und zwar fast ausschließlich als Freileitungsnetze. Der preisliche Unterschied zwischen Freileitung und Kabel steigt von 30 kV an aufwärts so beachtlich, daß insbesondere aus diesem Grunde der Freileitung für diese Netze der Vorzug zu geben war. In der Zeit der einsetzenden starken Entwicklung wurden verschiedene staatliche Werke in Aktiengesellschaften umgewandelt, um ihnen damit eine bessere Grundlage für die Erfüllung ihrer Aufgaben zu geben, was sich für die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft zweifellos günstig ausgewirkt hat[6]). Es entstand eine zweckmäßige Energiewirtschaft, bei der man dazu überging, den Strom in Kraftwerken unmittelbar auf den großen Steinkohlen- und vor allen Dingen Braunkohlen-Hochspannungsübertragung überlassen. Es ist erfreulich, daß man in Deutschland, obwohl man anfangs mit großen Bedenken an den Drehstrom heranging, diesem doch bald immer mehr den Vorrang gab und vom Einphasen- und Zweiphasenstrom, der bei Übertragungsanlagen bis zu 10 kV Verwendung gefunden hatte, abrückte und solche Anlagen verschiedentlich auch auf Drehstrom umstellte. Zu begrüßen ist ferner die Tatsache, daß man sich in Deutschland bis auf wenige Ausnahmen für 50 Perioden entschied, abgesehen von den Anlagen mit 16⅔periodigem Einphasenstrom für den Bahnbetrieb. Diese zweckmäßige Wahl gleicher Stromart und Frequenz ist sicher der Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Deutschland sehr förderlich gewesen.

Wenn schon vor 25 Jahren für die Übertragungsanlagen Spannungen benutzt wurden, die auch heute für



Baujahr	1911	1919	1928
Querschnitt	Cu 42 mm²	Cu 95 mm²	Cu 95 mm²
Spannweite	150 m	225 m	200 m

Abb. 1. Entwicklung der Mastbilder.

vorkommen sowie in größeren Wasserkraftanlagen zu gewinnen und durch ausgedehnte elektrische Fernübertragungsnetze dem Verbraucher zuzuführen. Die Netze wurden so gestaltet bzw. ergänzt, daß eine zweckmäßige Verbindung zur Durchführung einer vorteilhaften Verbundwirtschaft möglich wurde. 1923/24 wurde in Deutschland die erste, zunächst mit 220 kV betriebene 380 kV-Leitung zum Zwecke einer Zusammenarbeit zwischen dem Goldenbergwerk und den süddeutschen Wasserkräften gebaut. Später wurden noch verschiedene 220 kV-Leitungen erstellt. Mit den Anlagen für 380 kV dürfte die Entwicklung in Deutschland hinsichtlich der Spannungshöhe für die nächsten Jahre ihre Grenze erreicht haben.

Obwohl man damals bei den ersten Versuchen für die Fernübertragung Gleichstrom höherer Spanung verwendete, so mußte naturgemäß der Gleichstrom sich bald auf die Niederspannungsübertragung beschränken und dem Wechselstrom, insbesondere dem Drehstrom das Feld der

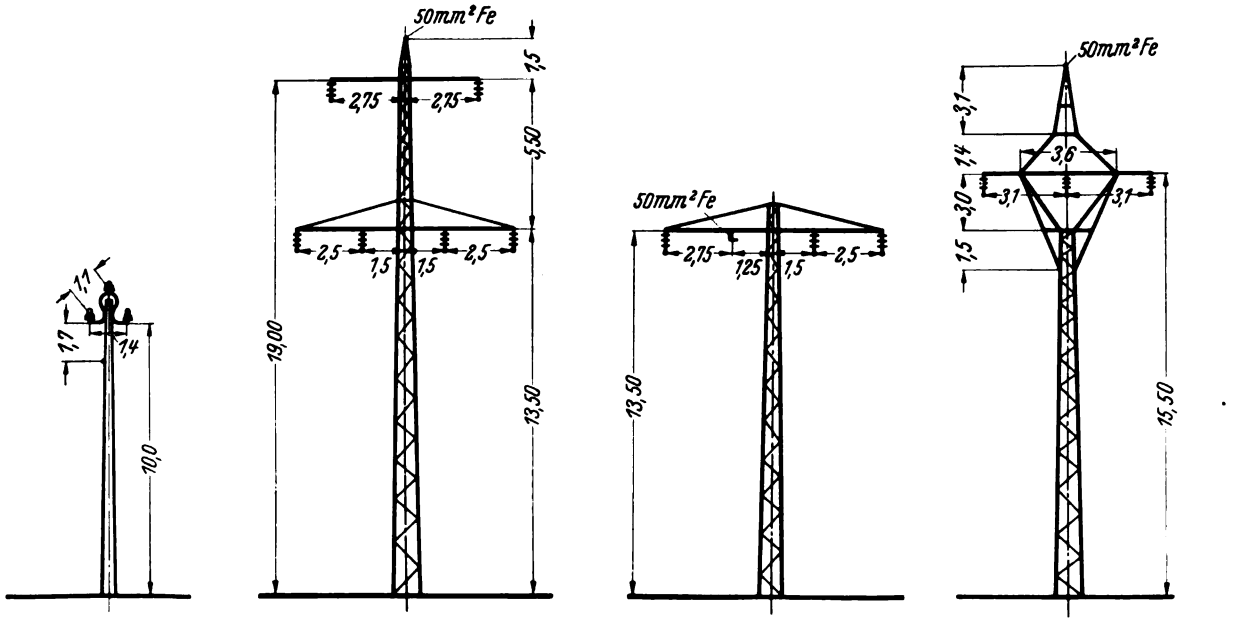
[6]) Rachel, ETZ 45 (1924) S. 21 u. 53. Schönberg, ETZ 45 (1924) S. 577, H. Jahncke, ETZ 45 (1924) S. 909 u. 928. O. Jahnke, ETZ 45 (1924) S. 1073. Köbler, ETZ 47 (1926) S. 1257 u. 1287. Esag, ETZ 55 (1934) S. 788. Menge, Z. VDI 69 (1925) S. 577.

den größten Teil der Anlagen noch angewandt werden und noch viel früher die heute allein vorherrschende Stromart und Frequenz gebräuchlich war, so war doch in der Zwischenzeit, insbesondere von dem Zeitpunkt des schnellen Wachsens der Hochspannungsnetze an, sehr viel Entwicklungsarbeit zu leisten. An den Anlagen traten zunächst noch durch die verschiedensten Ursachen des öfteren Betriebsstörungen auf. Da aber schon bald wichtige Betriebe und zahlreiche Städte ganz oder teilweise auf Fernstrombezug übergegangen waren, mußte unbedingt versucht werden, solche Störungen zu beseitigen.

Von den äußeren Einwirkungen, denen die Freileitung ausgesetzt ist und die ihren Betrieb stören, hatte man zunächst noch nicht die richtige Vorstellung gehabt und mußte sie durch die Betriebserfahrungen erst nach und nach kennenlernen, so die Beeinflussungen durch Vögel, Eichhörnchen und Bäume, besonders aber die stärkeren Einwirkungen auf die Standfestigkeit der Leitungen durch starke Stürme, ungewöhnliche Rauhreifbelastungen und dann insbesondere die Überspannungseinwirkungen der Gewitter. Die Erstellung der Netze war damals so schnell vor sich gegangen, daß nicht die Zeit vorhanden war, sich

Digitized by Google

vorher die Möglichkeit der Störungen eingehend zu überlegen oder etwa erst hinreichend an Versuchsleitungen zu studieren. Zum Teil fehlte es aber auch an brauchbaren Maßnahmen. Um so dringlicher erforderte jedoch der Betrieb die Entwicklung und Durchführung geeigneter Maßnahmen. Bei den Kabeln waren es neben den auch hier auftretenden äußeren Einwirkungen, wie Eingriffe durch Menschen, elektrolytische und chemische Vorgänge, Erdverschiebungen, besonders die früher vornehmlich an den Muffen und Endverschlüssen auftretenden Isolationsfehler, die Störungen herbeiführten. Bei Verbesserungsmaßnahmen mußte natürlich darauf geachtet werden, daß die Kostenerhöhung gewisse Grenzen nicht überschritt, denn die elektrische Energieübertragung hatte ja immer den Wettbewerb mit der Kraft- bzw. Stromerzeugung an Ort und Stelle aufzunehmen, der an sich schon bedingte, Erdseile vorgesehen. Die Erdseile müssen natürlich entsprechend hoch über dem Phasenseil angeordnet werden, damit sie auch wirklich die Seile gegen unmittelbare Einschläge schützen können. Als weitere Maßnahme zur Vermeidung rückwärtiger Blitzeinschläge wird eine entsprechend gute Erdung der Masten durchgeführt. Zur gefahrlosen Ableitung von Überschlägen an den Freileitungsisolatoren sind Lichtbogenarmaturen, die den Lichtbogen von dem Isolator fernhalten, entwickelt worden. Während früher die Freileitungen überhaupt für höhere Spannungen stark verdrillt wurden, neigte man später dazu, auch bei diesen wie bei den Mittelspannungsleitungen die Verdrillung wegzulassen. Es empfiehlt sich jedoch, insbesondere auch mit Rücksicht auf die Erdschlußlöschung, die sicher nach und nach allgemein eingeführt werden wird, auch Leitungen bis zu 10 kV herab zu verdrillen, und zwar



Baujahr	1911	1928	1933	1936
Querschnitt	Cu 50 mm²	Cu 70 mm²	Cu 70 mm²	Cu 70 mm²
Spannweite	50 bis 60 m	190 m	190 m	230 m

Abb. 2. Entwicklung der Mastbilder.

die Übertragungskosten möglichst niedrig zu halten. Die Entwicklung der letzten Jahre ist demzufolge durch das Bestreben gekennzeichnet, in erster Linie die Sicherheit zu heben und daneben aber auch die Bau- und Betriebskosten zu senken. In den anschließenden Aufsätzen über Seile, Isolatoren und Zubehör wird noch ausführlich Stellung zur Sicherheitsfrage genommen werden.

Das Mastbild hat im Laufe der Zeit sehr wesentliche Änderungen erfahren, vor allen Dingen dadurch, daß die Leiterabstände zur Erhöhung der Sicherheit gegen Zusammenschlagen beachtlich größer gewählt worden sind. Abb. 1 und 2 zeigen die Entwicklung der Mastbilder für Hoch- und Mittelspannungen. Für Rauhreifgegenden hat sich die waagerechte Anordnung der Leiter bewährt, da bei dieser auch bei ungleichem Durchhang infolge unterschiedlicher Zusatzlast ein Zusammenschlagen nicht möglich ist. Von besonderer Bedeutung sind die für Freileitungen entwickelten Maßnahmen zur Vermeidung der Gewitterstörungen.

Als Schutz gegen unmittelbare Einschläge in die Phasenseile und auch als Schutz gegen rückwärtige Blitzeinschläge werden ein, bei Doppelleitungen möglichst zwei genügt es, den Streckenabschnitt zwischen zwei Stationen bei Einfachleitungen einmal, bei Doppelleitungen einmal im Verhältnis 1 : 3 zu verdrillen und dabei anzustreben, die drei Abschnitte möglichst gleichzumachen.

Bei den Kabeln wurde, wie die von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung regelmäßig veröffentlichte Hochspannungskabel-Fehlerstatistik zeigt, im Laufe der Jahre durch entsprechend durchgeführte Maßnahmen die Zahl der Störungen beachtlich vermindert. Bei Zusammenschaltung von Kabeln mit Freileitungen ist besonders darauf zu achten, daß die Isolationsverhältnisse richtig abgestimmt sind, d. h. der Stoßdurchschlagswert des Kabels und der Stoßüberschlagswert des Kabelendverschlusses müssen größer sein als der entsprechende Stoßüberschlagswert der Freileitung. Wenn dieses nicht der Fall ist, sind insbesondere bei kurzen Kabelstücken Überspannungsableiter vorzusehen.

Im Zusammenhang mit der Frage der Landesverteidigung ist häufig erörtert worden, ob es nicht zweckmäßiger ist, die Freileitungen durch Kabel zu ersetzen. Wenn auch die Freileitungen den Fliegern sichtbar sind und demzufolge zum Ziel von Angriffen gemacht

Digitized by Google

werden können, so ist doch zu beachten, daß bei Freileitungen die Fehlerstelle schnell gefunden und auch verhältnismäßig schnell wieder ausgebessert werden kann. Auch bei den Kabeln muß im Ernstfalle mit Eingriffen und Zerstörungen gerechnet werden. Da bei Kabeln das Auffinden der Fehlerstelle u. U. länger dauert und auch die Ausbesserung längere Zeit beansprucht, ist hier im Falle einer Zerstörung mit einem wesentlich längeren Ausfall zu rechnen. Es ist zweckmäßig, beide Übertragungsmittel weiterhin zu verwenden und durch eine hinreichende Vermaschung sich gegen Unterbrechungen bei Eingriffen zu schützen. Ein leistungsfähiges Fernübertragungsnetz ist für eine zweckmäßige Energiewirtschaft eines Landes wie Deutschland, das auf einen hohen Energieverbrauch angewiesen ist, eine wichtige Lebensfrage. Ansichten, daß man in Deutschland mit den Energieübertragungsanlagen über das Ziel hinausgeschossen sei, können leicht widerlegt werden. Die elektrische Energiefernübertragung wird ihre Bedeutung behalten und weiterhin auszubauen sein, um bei steigendem Energiebedarf alle Energiequellen heranziehen und richtig ausnützen zu können.

Über den heutigen Umfang der Elektrizitätsversorgung hinaus sind schon verschiedentlich weitergehende Pläne erörtert worden z. B. dahin, durch ein 220 kV-Netz in Deutschland einen weitgehenden Ausgleich zu sichern[7]). Durch die bereits vorhandenen 220 kV-Leitungen und die bestehenden Verbindungen der 100 kV-Netze ist in Deutschland schon eine zweckmäßige Verbundwirtschaft erreicht worden. Der heute mögliche Ausgleich dürfte zunächst den wirtschaftlichen Belangen gerecht werden können, da ja die einzelnen Gebiete schon selbst hinreichende Größe besitzen und ihrerseits durch Zusammenschaltung der verschiedensten Abnehmer und Erzeugungswerke einen guten Ausgleich herbeigeführt haben. Der weitere Ausbau des überlagerten Netzes und der Netzverbindungsleitungen wird in dem Maß durchzuführen sein, wie sich das Bedürfnis hierzu einstellen wird. Weiter sind s. Z. Pläne für ein europäisches Netz gemacht worden. Diese Pläne gehen jedoch über das heute wirtschaftspolitisch durchführbare und wirtschaftlich erforderliche Maß weit hinaus.

Trotz des hohen Standes der Fernübertragung der elektrischen Energie erfordert die Sicherheit des Betriebes solcher Anlagen eine dauernde Weiterarbeit an den einschlägigen Fragen, damit die der Energieversorgung gestellten Aufgaben jederzeit einwandfrei erfüllt werden können.

Zusammenfassung.

Schon die ersten Versuche, die Elektrizität über größere Strecken zu übertragen, zeigten befriedigende Ergebnisse und führten zur schnellen Entwicklung der elektrischen Energiefernübertragung, die die Grundlage für einen neuen Wirtschaftszweig, die Elektrizitätsversorgung, wurde. Die Fernübertragung und die Elektrizitätsversorgung förderten sich gegenseitig. Beide Arten von Übertragungsanlagen, die Freileitungen und die Kabel, wurden zu technisch und wirtschaftlich brauchbaren Anlagen entwickelt. Schon vor 25 Jahren wurden Übertragungsanlagen für 100 kV gebaut. Die Anlagen mußten zur Erzielung größerer Sicherheit bei Erhaltung und Verbesserung der Wirtschaftlichkeit weiter entwickelt werden. Die aus den Erfahrungen gewonnenen Erkenntnisse sowie planmäßige Untersuchungen ermöglichten im Laufe der Zeit eine beachtliche Verbesserung. Mit Hilfe der Fernübertragung wurde eine zweckmäßige Energiewirtschaft geschaffen. Die Energieversorgung hat weitere Aufgaben zu erfüllen. Um dies zu ermöglichen, sind die Fernübertragungsanlagen zur Erreichung höchster Sicherheit weiter zu entwickeln.

[7]) Oskar von Miller: Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung, Berlin: VDI-Verlag GmbH 1930.

Freileitungsbetrieb.

Von **H. Calliess VDE**, Berlin.

621. 315. 1. 004

Übersicht. Die Arbeit bringt Ausführungen über das Verhalten von Freileitungen im gewöhnlichen Betrieb und geht auf einige Fragen ein, die bei der Planung von Freileitungen grundsätzlich berücksichtigt werden müssen.

Die Freileitung ist durch ihre Eigenart im Gegensatz zum Kabel äußeren Einflüssen jeder Art mehr ausgesetzt; zum erfolgreichen Bau und Betrieb ist daher richtige Anwendung vieler Teilgebiete der Technik erforderlich, zum Teil solcher, die keine oder wenig Beziehungen zur Elektrotechnik haben.

Wie sehr das Gebiet des Freileitungsbaues die Ingenieure verschiedener Fachrichtungen beschäftigt, zeigt die Zahl der in diesem Heft abgedruckten Arbeiten, die sich mit wichtigen Sonderaufgaben beschäftigen.

Der Freileitungsingenieur muß Statiker sein, um die Festigkeit der Bauarten zu beherrschen, er muß als Tiefbauer für richtige und wirtschaftliche Gründungen sorgen, atmosphärische Einflüsse, wie Rauhreif, Winddruck usw. muß er richtig einschätzen, Metallkunde darf ihm nichts Fremdes sein, um richtiges Verhalten von Leitungs- und Klemmenbaustoff zu erreichen; Porzellanherstellung, sowie Holz- und Fäulniskunde dürfen ihm nicht fremd sein; denn richtige Instandhaltung der ihm anvertrauten Werte kann hohe Beträge dem Volksvermögen erhalten.

Es würde zu weit führen, eine erschöpfende Darstellung über Betriebserfordernisse der Freileitungen zu geben. Deshalb können nur einige wichtige Punkte hervorgehoben werden.

Bei der Planung sind bereits betriebliche Gesichtspunkte zu beachten; es ist nicht angängig, die Freileitungsisolation ohne Berücksichtigung der Stationsisolation zu wählen. Der Leitungsquerschnitt kann nicht immer nach der auftretenden Belastung allein gewählt werden, da Leitungen kleinen Querschnittes bei sehr hohen Kurzschlußströmen verdampfen. An später vielleicht notwendige Erweiterungen oder Spannungsumstellungen oder Herstellung von Ringleitungen muß ebenfalls rechtzeitig gedacht werden.

Bei Leitungen mit großen Spannweiten und hohen Leitungszügen müssen die Seile von Zeit zu Zeit durch Öffnen der Klemmen auf Schwingungsbrüche geprüft werden. Über Häufigkeit und Stärke der Schwingungen kann man sich durch Einhängung von Schwingungsuhren Klarheit verschaffen. Bei Leichtmetallen ist es zweckmäßig, in längeren Abständen, zum erstenmal etwa nach drei Jahren, die Korrosionsneigung des Seiles zu prüfen. Stromklemmen überwacht man besonders bei Leichtmetallen und hohen Durchgangsstromstärken zweckmäßig durch Andrücken von leicht schmelzendem Paraffin mit Hilfe von Isolierstangen. Gelegentlich sind zwei parallel geschaltete Stromklemmen von Nutzen. Die unerläßliche Herstellung einer metallisch reinen Seiloberfläche mit der Drahtbürste vor Einfügung von Verbindern ist unerwarteterweise bei Kupfer zeitraubender als bei Aluminium.

Leitungsstrecken mit kleinen Querschnitten und verhältnismäßig großen Spannweiten müssen sorgfältig beobachtet werden, da an sehr ungünstigen Geländestellen

Digitized by Google

Zusammenschlagen der Drähte vorkommen kann. Abhilfe ist von Fall zu Fall durch Vergrößern der Leitungsabstände oder Einbau eines Zwischenmastes zu wählen. Bei Gittermasten sind neben der Anstricherneuerung, die üblicherweise in etwa 8 bis 12 Jahren zu erfolgen hat, die Austrittsstellen aus dem Boden zweckmäßig durch Bitumen-Anstrich zu schützen; an Wegkreuzungen und Abzweigen sollten gefährdete Masten in geringer Höhe durch Ausfüllen mit Beton geschützt werden.

Sorgfältig getränkte Holzmasten können durch rechtzeitige geeignete Nachpflege in ihrer Lebensdauer verbessert werden; es ist hier aber zu beachten, daß verfaultes Holz durch das beste Imprägniermittel nicht mehr festgemacht werden kann. Für Warnungsschilder hat sich schlagfeste Emaille bewährt; recht praktisch sind an Gittermasten die sogenannten Eckwarnungsschilder, die besondere Befestigungseisen erübrigen.

Die Masterdung, die besonders bei Betriebsspannungen über 30 kV von größtem Wert für die Betriebssicherheit ist, muß regelmäßig nachgeprüft und gegebenenfalls verbessert werden. Die neuzeitlichen Erdungsmeßgeräte stellen zwar gegenüber der früheren Telephon-Meßbrücke einen wesentlichen Fortschritt dar; eine gewisse Abhängigkeit vom Sondenwiderstand erfordert bei schlechtleitendem Boden ziemliche Sorgfalt bei der Handhabung. Die Messungen werden sehr erleichtert, wenn die Erdseile während der Messung in einfacher Weise vom Mast isoliert werden können. Erdmessungen mit angelegtem Erdseil sind zur Beurteilung des Schutzes gegen Überspannungen völlig zwecklos.

Die Isolatoren haben dem Betriebsleiter von jeher viel Sorgen bereitet. Zur Vorbeugung von Betriebsstörungen ist ihre Überwachung während des Betriebes sehr wichtig. Hierfür sind Meßstangen, Prüfstangen und besondere Röhrenprüfgeräte entwickelt worden. Zur schnellen Prüfung und besonders auch zur Verminderung der Unfallgefahr sind Geräte vorzuziehen, die ohne Erklettern des Mastes über den Zustand der Isolatoren Aufschluß geben. Solche Geräte bauen auf dem Gedanken auf, Entladungen an Isolatoren durch Hochfrequenzempfänger festzustellen, da die Entladungen ähnlich wie Sender wirken. An Stellen starker Verschmutzung, z. B. in der Nähe von Stickstoff- und Karbidfabriken, ist besondere Achtsamkeit nötig. Mit Vorteil sind hier Isolatoren-Sonderbauarten verwendet worden.

Zum richtigen Leitungsbetrieb gehört auch ein zuverlässiger, schnell arbeitender Fehlerschutz, der die kranke Leitung schnellstens aus dem Netz herauslöst. Bei Doppel- und Ringleitungen kann dies mit neuzeitlichen Einrichtungen so schnell geschehen, daß eine Beeinträchtigung von Stromabnehmern nicht stattfindet. Auch Fehlerortsausmessungen können die Schnelligkeit der Störungsbeseitigung wesentlich erhöhen; leider sind die Verfahren bisher noch nicht zur allgemeinen Einführung in großem Umfange geeignet.

Die Freileitungsortsnetze, wie sie z. B. zur Versorgung ländlicher Gemeinden in größter Zahl dienen, erfordern neuerdings durch die Einführung des elektrischen Kochens in großem Maßstabe und den Anschluß lebenswichtiger Betriebe (z. B. Molkereien) erhöhte Aufmerksamkeit. Schwierigkeiten treten auch dadurch auf, daß im Gegensatz zu Hochspannungsnetzen viele Abzweige mit Klemmstellen bestehen und nicht immer die gleichen Facharbeiter wie bei Hochspannungsleitungen zur Verfügung stehen. Gelegentlich werden auch Arbeiten durch Dritte ausgeführt. Wichtig ist in Nullungsnetzen die Prüfung des Nulleiters; besondere Überwachung erfordern die Netzschalter mit Auslösevorrichtungen im Nulleiter. Auch die Blitzschutzvorrichtungen bedürfen einer Nachprüfung.

Der Betrieb von Freileitungen erfordert sorgfältige und planmäßige Arbeit; wenn diese geleistet wird und die Störungsstatistik nicht um ihrer selbst willen angefertigt wird, sondern vor allem um Folgerungen zur Abhilfe und für Verbesserungen zu ziehen, dann läßt sich auch mit Freileitungen ein weitgehend störungsfreier Betrieb erzielen.

Erdseile bei Freileitungen und ihre Erdung.

(Mitteilung aus den Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V. Berlin.)

Von **H. Grünewald VDE**, Berlin.

621. 315. 1 : 621. 316. 99

Übersicht. Die Zweckmäßigkeit und Notwendigkeit eines wirksamen Erdseilschutzes als Mittel zur Steigerung der Betriebssicherheit von Freileitungsanlagen ist heute allgemein anerkannt; es kommt aber darauf an, für jeden Fall die richtige Anordnung und Verlegung zu wählen. Die hierfür nach den neuesten Erkenntnissen zu beachtenden Gesichtspunkte werden für Eisen-, Beton- und Holzmastleitungen in großen Zügen zusammengestellt.

A. Erdseile bei Eisen- und Betonmastleitungen.

Schutzwirkung der Erdseile. — Eines der wichtigsten Ergebnisse der Stahlstäbchenmessungen der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen[1]) ist der einwandfreie Nachweis der blitzauffangenden Wirkung der Erdseile[2]). Bei Leitungen mit einem Erdseil gehen, abgesehen von der sehr geringen Zahl der Leiterseileinschläge, durchschnittlich etwas mehr als die Hälfte aller Blitzeinschläge in das Erdseil und etwas weniger als die Hälfte in die Masten. Da beim Erdseileinschlag in jedem der beiden Nachbarmasten ungefähr 35 % des gesamten Blitzstromes abfließen, bei einem Masteinschlag dagegen in dem getroffenen Mast rd. 60 %, ist der Erdseileinschlag der günstigere Fall, weil wegen der dabei kleineren Maststromstärken die Gefahr des rückwärtigen Überschlags geringer ist. Die der Zahl nach weniger umfangreichen Messungen an Leitungen mit zwei Erdseilen haben bisher ergeben, daß die Erdseile etwa in 75 % und die Masten nur in rd. 25 % aller Fälle getroffen werden. Leiterseileinschläge kommen dabei so gut wie überhaupt nicht vor. Bei solchen Leitungen ist also der Einschlagschutz vollkommener und durch das stärkere Überwiegen der Erdseil- gegenüber den Masteinschlägen die Gefahr geringer, daß es zu rückwärtigen Überschlägen kommt. In Deutschland bestehen auch einige Leitungen hoher Spannung mit drei Erdseilen, deren Betriebserfahrungen außerordentlich günstig sind[3]) und beweisen, daß ein nahezu vollkommener Einschlagschutz erreichbar ist. Die in Deutschland bei 50- bis 100 kV-Leitungen üblichen waagerechten und senkrechten Abstände zwischen Erd- und Leiterseilen scheinen ausreichend zu sein. Die Erdseile dürfen ja einerseits nicht zu weit von den Leiterseilen entfernt sein, anderseits aber auch nicht zu nahe,

[1]) H. Grünewald, ETZ 55 (1934) S. 505 u. 536.
[2]) H. Zaduk, ETZ 56 (1935) S. 475.
[3]) K. Kühn, Cigre, Paris 1935, Bericht Nr. 332.

Digitized by Google

damit nicht bei Einschlägen in Spannfeldmitte Überschläge zu den Leitern hin eintreten können, ehe die auf dem Erdseil laufenden Wellen an den Erdungen der Nachbarmasten abgebaut werden können. Dieser Gesichtspunkt spielt allerdings nur bei Leitungen großer Spannweite eine Rolle.

Anordnung der Erdseile. — Die einfachste Erdseilanordnung bei Einfach- und Doppelleitungen ist die Verlegung auf der Mastspitze. Bei 100 kV-Leitungen liegt das Erdseil im allgemeinen an den Masten in etwa 3 bis 5 m senkrechtem Abstand über den obersten Leiterseilen. Bei Leitungen mit waagerechter Seilanordnung kann bei großen seitlichen Abständen ein Erdseil in Mastmitte die außen liegenden Leiter nicht mehr genügend abschirmen. Vielfach werden bei Einfachleitungen mit waagerechter Seilanordnung aus rein statischen Gründen vier statt drei Seile vorgesehen, von denen das vierte entweder auch isoliert als Ersatzleiter oder ohne Isolatoren als Erdseil verlegt wird. Die Schutzwirkung eines solchen Erdseiles für die übrigen Leiter ist aber sowohl seiner einseitigen Lage wegen als auch deshalb nur gering, weil es nicht höher als die Leiterseile liegt. Ist das vierte Seil isoliert verlegt, so wird es meist am Leitungsanfang und -ende geerdet. Trotzdem kann es keineswegs wie ein Erdseil wirken; denn bei einem Blitzeinschlag in dieses Seil kann ja der Strom auf der Strecke nicht nach Erde abgeführt werden, es sei denn, daß Überschläge über die Isolatoren eintreten.

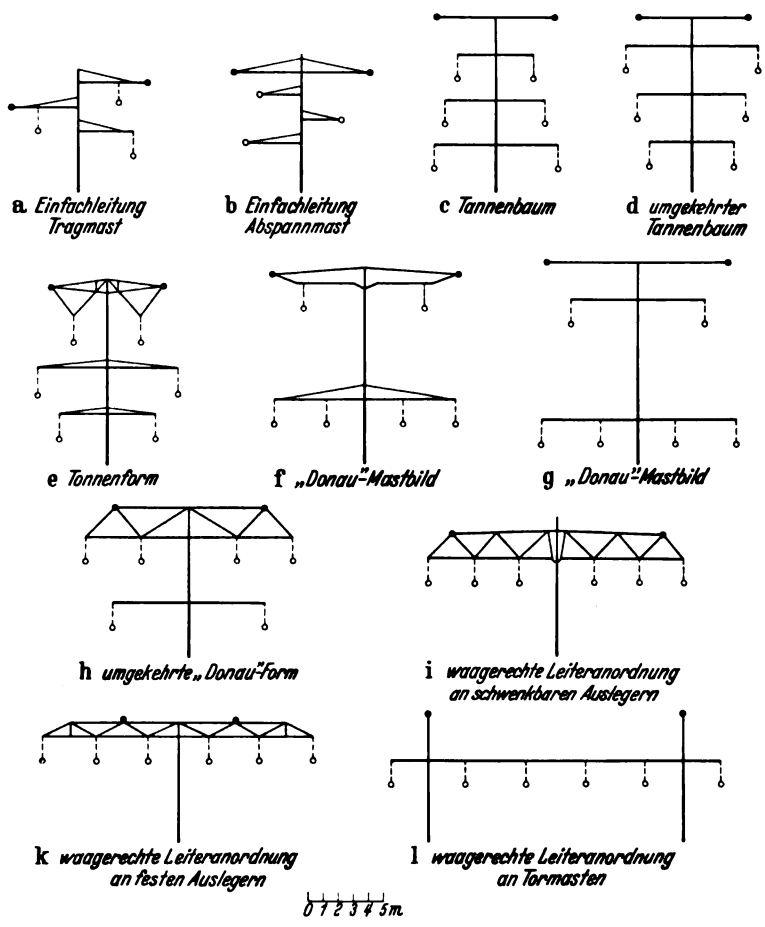


Abb. 1. Mastkopfbilder von 100 kV-Leitungen.

In Abb. 1 ist eine Reihe von Mastkopfbildern ausgeführter 100 kV-Leitungen mit zwei Erdseilen zusammengestellt. Der Schutz der Einfachleitung durch zwei Erdseile (Mastbilder *a* und *b*) ist am vollkommensten. Bei den Mastkopfbildern *c* und *d* der Tannenbaumanordnung und ihrer Umkehrung liegen die Erdseile auf besonderen Auslegern, während bei der Tonnenform *e* das Fachwerk des obersten Querträgers so ausgebildet ist, daß es die beiden Erdseile und die obersten Leiterseile trägt. Auch bei dem „Donau"-Mastbild *f* ist die Ausführung so gewählt. Die verhältnismäßig großen senkrechten Abstände bei den „Donau"-Mastbildern *f* und *g* sind aus Gründen der Rauhreifsicherheit gewählt. Sehr schön sind die beiden Erdseile bei der umgekehrten „Donau"-Form *h* untergebracht. Die Lage der Erdseile mitten über den Stromkreisen ergibt eine sehr gute Schirmwirkung. Der Erdseilschutz von Doppelleitungen mit waagerechter Seilanordnung ist schwierig, weil sich die Erdseile schlecht im Mastkopfbild mit gleichguter Schirmwirkung für alle Seile anordnen lassen. Der Schutz mit nur einem Erdseil auf den Mastspitzen ist schon für Einfachleitungen dieser Bauart als nicht vollkommen gekennzeichnet worden. Die Schirmwirkung ist hier für die äußeren Leiter wegen der größeren Abstände noch geringer. Zwei Erdseile lassen sich zwar statisch gut verlegen, jedoch ist bei der Anordnung *i* der Schutz für die inneren Leiter und in der Anordnung *k* für die äußeren Leiter unvollkommen, den in wirksamer Weise ein drittes Erdseil auf den Masten übernehmen könnte. Das gibt aber eine etwas teuere Ausführung. Dieselben Gesichtspunkte gelten für die Tormastleitung nach Mastbild *l*. In einem Falle sind bei einer solchen Mastkopfform einige Meter beiderseits jedes Mastes die beiden Erdseile noch durch Querseile verbunden worden, um die Isolatorenketten an den Tragmasten gegen unmittelbare Einschläge abzuschirmen, was aber wahrscheinlich nicht besonders nötig ist.

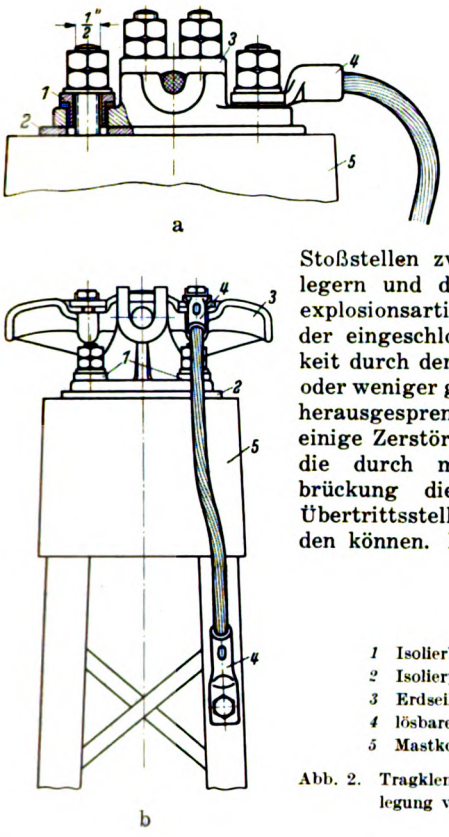
Verlegung der Erdseile. — Zur Messung des Erdübergangswiderstandes einer Masterdung müssen die Erdseile vom Mastkopf isoliert werden, damit man den bei der Blitzstromabfuhr wirksamen Widerstandswert des einzelnen Mastes[4]) richtig erhält. Bei der bisherigen starren metallischen Verbindung zwischen Erdseil und Masteisen muß zur Widerstandsmessung an jedem Mast die Erdseilklemme geöffnet, das Erdseil etwas angehoben und durch Zwischenschieben eines kleinen Holzstücks für die Spannung der Erdungsmeßbrücke isoliert werden. Nicht an jedem Mast läßt sich aber das Erdseil leicht und gefahrlos hochheben. Man schiebt deshalb neuerdings zwischen die Erdseilklemme und das Masteisen einen Isolierteil ein und stellt eine von der Klemme getrennte metallische Verbindung zwischen Erdseil und Mast her, die einfach und möglichst auch außerhalb des Bereichs der Leiterseile für die Erdungsmessung gelöst werden kann. Zwei Ausführungsbeispiele isolierender Erdseilklemmen enthält Abb. 2. Die bisher üblichen Erdseilklemmen selbst sind unverändert geblieben, so daß auch bei bestehenden Leitungen nachträglich noch die Erdseilklemmen isoliert werden können. In Abb. 3 ist dargestellt, wie bei einer Mittelspannungsleitung die Verbindungsleitung zwischen Erdseil und Mast zunächst im oberen Teil des Mastes auf kleinen Isolatoren verlegt und die lösbare Verbindung außerhalb des Bereichs der Leiterseile angeordnet wird, so daß die Messung auch bei unter Spannung stehender Leitung durchgeführt werden kann.

Erdungsverbindungen an Betonmasten. — Bei Betonmasten müssen das Erdseil mit den Bewehr-

[4]) H. Grünewald u. H. Zaduk, ETZ 57 (1936) H. 38, S. 1079, und H. 39, S. 1108.

Digitized by Google

rungseisen des Mastes, die Anbringungspunkte der Isolatoren mit den Bewehrungseisen der Ausleger und schließlich auch die Ausleger- mit den Mastlängseisen besonders sorgfältig verbunden werden. Unterbleibt die Verbindung der Aufhängepunkte mit den Mastbewehrungseisen, so werden bei Stoßspannungsüberschlägen an den Stoßstellen zwischen den Auslegern und dem Mast infolge explosionsartiger Verdampfung der eingeschlossenen Feuchtigkeit durch den Stoßstrom mehr oder weniger große Betonstücke herausgesprengt. Abb. 4 zeigt einige Zerstörungen dieser Art, die durch metallische Überbrückung dieser gefährdeten Übertrittsstellen vermieden werden können. Man erkennt, wie



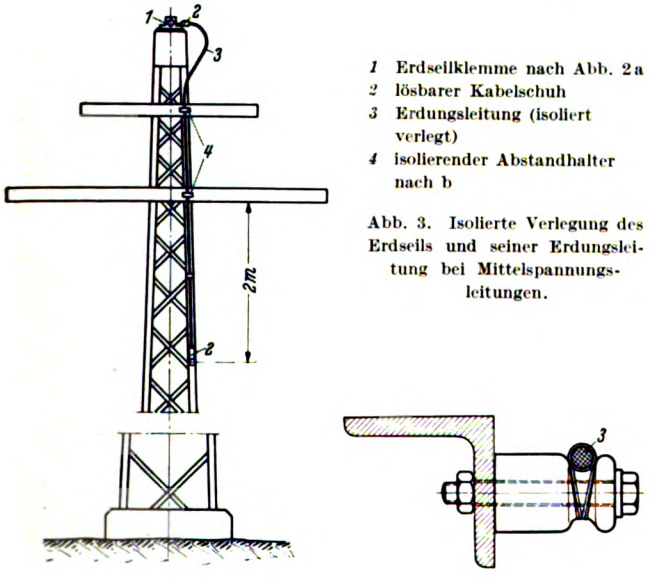
1 Isolierbüchse
2 Isolierplatte
3 Erdseilklemme
4 lösbarer Kabelschuh
5 Mastkopf

Abb. 2. Tragklemmen für isolierte Verlegung von Erdseilen.

in großen Stücken der Beton von der Bewehrung abgesprengt worden ist.

B. Erdseile bei Holzmastleitungen.

Wenn ein Erdseil bei Holzmastleitungen nicht an jedem Mast mit ausreichend niedrigem Übergangswiderstand geerdet werden kann, hat seine Verlegung wenig Zweck. Bei einer Leitung ohne Erdseil kommen aber sehr viel Leiterseileinschläge vor, die bei Holzmastleitungen wegen der zusätzlichen Isolation des Holzes gegenüber Stoßspannungen außerordentlich hohe Überspannungen erzeugen. Reihenweise Mastzersplitterungen, Überschläge an eisernen Abspann- und Winkelmasten und eine erhebliche Überspannungsgefährdung der Unterwerke sind die



1 Erdseilklemme nach Abb. 2a
2 lösbarer Kabelschuh
3 Erdungsleitung (isoliert verlegt)
4 isolierender Abstandhalter nach b

Abb. 3. Isolierte Verlegung des Erdseils und seiner Erdungsleitung bei Mittelspannungsleitungen.

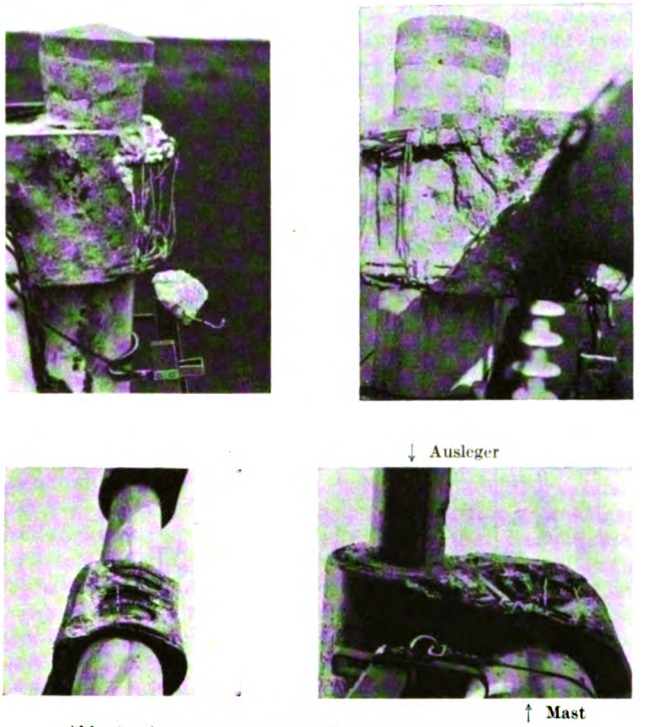
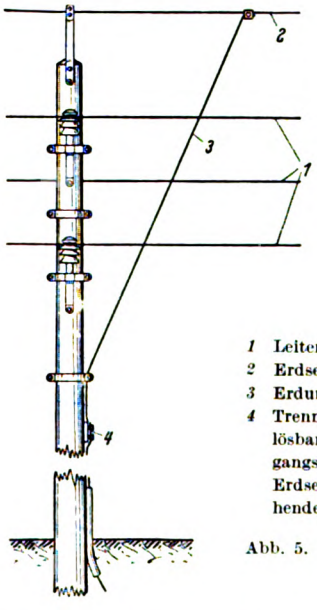


Abb. 4. Aussprengungen an Eisenbetonmasten infolge von Blitzeinschlägen.

unliebsamen Folgen. In den meisten Fällen ist es eine reine Wirtschaftlichkeitsfrage, ob bei einer Mittelspannungsleitung auf Holzmasten — und um solche handelt es sich in Deutschland meistens — ein Erdseil verlegt werden kann oder nicht. In Amerika und in Rußland, wo Holzmastleitungen auch für die höchsten Spannungen gebaut werden, tritt man unbedingt für ihren ausreichenden Erdseilschutz ein. Dabei werden besondere Maßnahmen an den Masten und hölzernen Auslegern vorgesehen, wie z. B. teilweise Überbrückung der Holzstrecken oder parallel geschaltete Schutzfunkenstrecken, damit keine zu hohen Überspannungen an den Masten auftreten und Zersplitterungen verursachen können. Man nutzt immer nur einen Teil der Holzstrecken als zusätzliche Isolation aus. Derselbe Gedanke liegt dem Vorschlag der Studiengesell-



1 Leiterseile
2 Erdseil
3 Erdungsleitung
4 Trennstelle in der Erdungsleitung, lösbar zur Nachmessung des Übergangswiderstandes des Erders ohne Erdseil bei unter Spannung stehender Leitung

Abb. 5. Erdung des Erdseils bei Holzmastleitungen.

Digitized by Google

schaft zugrunde[5]), der die Verlegung eines Erdseiles auf Holzmasten nach Abb. 5 empfiehlt. Dabei wird nur vom oberen Mastteil ein Stück als zusätzliche Isolation benutzt und der größere untere Teil durch die Erdungsleitung kurzgeschlossen. Nach diesem Vorschlag, der auch den einschlägigen VDE-Vorschriften Rechnung trägt, ist in Deutschland schon eine ganze Reihe von Mittelspannungs-

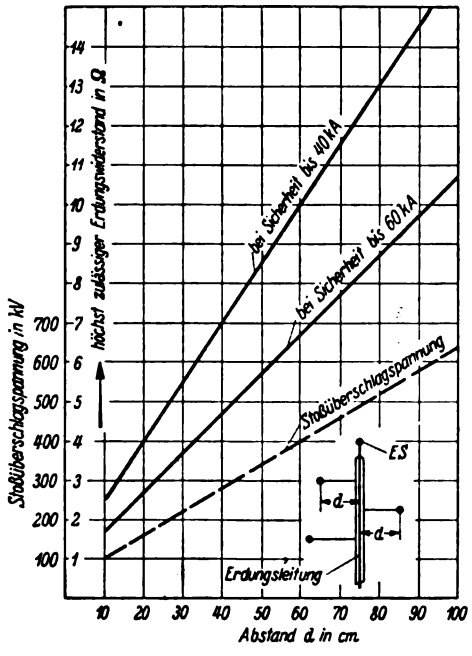


Abb. 6. Höchstzulässige Übergangswiderstände für Erder an Holzmasten bei Erdung des Erdseils nach Abb. 5.

leitungen ausgeführt oder umgebaut worden. Voraussetzung für eine gute Schutzwirkung ist aber die Erdung des Erdseiles an jedem Mast, wobei die Widerstandswerte in bestimmten Grenzen (Abb. 6) bleiben müssen. Abb. 7 zeigt einen Tragmast einer 15 kV-Doppelleitung mit derart angeordnetem Erdseil. Man erkennt, daß das Erdseil durch die Erdungsleitung ein wenig nach unten durchgebogen wird, um die Ableitung etwas unter Spannung zu halten. Beachtenswert ist, daß man auch in Amerika[6]) bei Holzmastleitungen mit dieser Verlegungsart des Erdseils sehr gute Erfahrungen gemacht hat.

Erwähnt sei noch ein bemerkenswerter Vorschlag[7]) für die Verlegung eines Erdseiles bei Einfachleitungen auf Stützenisolatoren mit einem Mastkopfbild nach Abb. 8. Hier liegt das Erdseil wie die Leiterseile auf Isolatoren, wird aber an jedem Mast in der dargestellten Weise geerdet. Läge das Erdseil auf dem Quereisen, so würde bei einem Erdseileinschlag ein rückwärtiger Überschlag zu den Leitern hin eintreten, wenn die Stoßüberschlagspannung des Stützenisolators erreicht wird. Bei der isolierten Verlegung ist aber eine erheblich höhere Überspannung nötig, um die zwei hintereinander liegenden Isolatoren zu überschlagen. Die Sicherheit gegen rückwärtige Überschläge ist dadurch beträchtlich gesteigert worden. Der Einschlagschutz wäre natürlich noch vollkommener, wenn das Erdseil höher als die Leiterseile liegen würde. Abgesehen von dem dann nicht mehr gleichmäßigen Mastkopfbild stehen dem Höherlegen des Erdseils keine Schwierigkeiten entgegen.

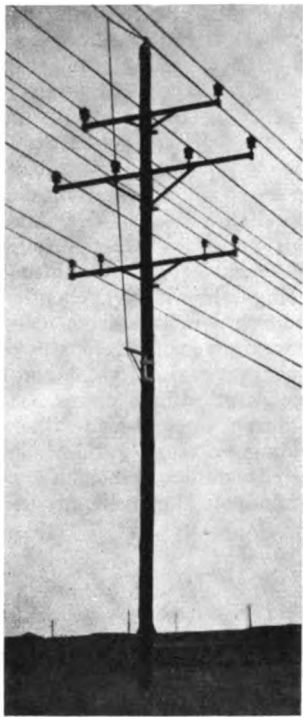
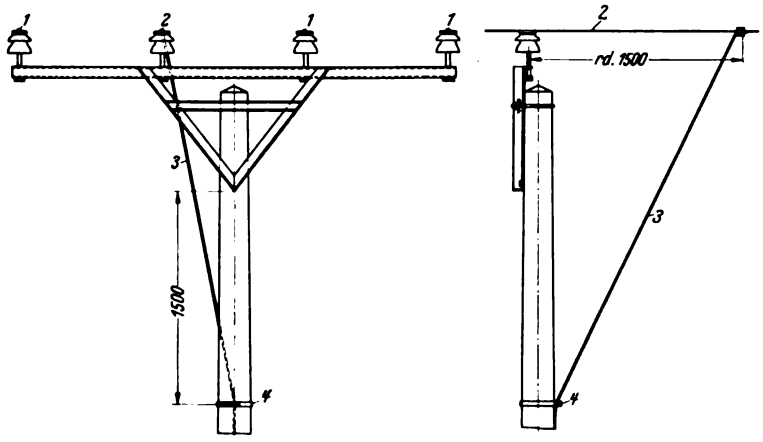


Abb. 7. 15 kV-Doppelleitung des Elektrizitätsverbandes Gröba mit Erdseil, verlegt nach Abb. 5.

Die Anordnung des Erdseils auf einem Isolator kann auch bei Trennschaltern und Umspannern auf Holzmasten mit Vorteil verwendet werden. Nach den Vorschriften[8]) über Schutzerdung sollen an solchen Stellen alle Eisenteile des Mastkopfes untereinander und mit dem Erdseil verbunden werden. Dann liegen aber die Bedingungen für den rückwärtigen Überschlag genau so wie bei einem Eisenmast im Zuge einer Holzmastleitung, d. h. die wichtige Schalt- und Umspannstelle bedeutet einen isolationsschwachen Punkt in der Leitung, an dem bevorzugt Überschläge eintreten. Ist das Erdseil dagegen von der eisernen Mastkopfausrüstung isoliert und in der angegebenen Weise erst weiter unten am Mast geerdet, so kann die Sicherheit gegen rückwärtige Überschläge unschwer beträchtlich erhöht werden. Selbstverständlich dürfen dann die Eisenteile weder mit dem Erdseil, noch mit dem Erder verbunden werden. Das ist bei Masttrennschaltern zulässig, wenn in das Gestänge ein Isolator eingeschaltet wird[8]). Bei Mastumspannern kann die Schutzerdung des Umspannergehäuses durch Anschluß an den Niederspannungs-Nulleiter erfolgen, dessen Erder nach den Vorschriften von dem Hochspannungserder (hier Erdseilerder) getrennt sein soll[9]). Überschläge durch Überspannungen, die auf den Leiterseilen anlaufen, können durch die geschilderte Anordnung nicht verhindert werden, es sei denn, daß man an den beiden Nachbarmasten durch Erdung der Befestigungspunkte der Isolatoren schwache



1 Leiterseile 2 Erdseil 3 Erdungsleitung
4 Schelle zur Befestigung der Erdungsleitung am Mast

Abb. 8. Verlegung eines Erdseils bei einer 15 kV-Holzmast-Einfachleitung mit waagerechter Seilanordnung (nach Lange, Riesa-Gröba).

[5]) H. Grünewald, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 455.
[6]) Electr. Engng. 55 (1936) S. 12.
[7]) Von Herrn Betriebsing. Lange, Riesa-Gröba.
[8]) VDE 0141/1924, V.
[9]) VDE 0140/1932, § 19.

Digitized by Google

Stellen schafft und so die Überschläge wenigstens von den betriebswichtigen Schalt- oder Umspannstellen fernhält.

Erdung von Erdseilen.

Die Eigenschaften der verschiedenen Erderarten und ihre Ausführung sind erst kürzlich in einer ausführlichen Arbeit[10]) behandelt worden, so daß hier nicht mehr darauf eingegangen zu werden braucht. Es soll aber noch kurz

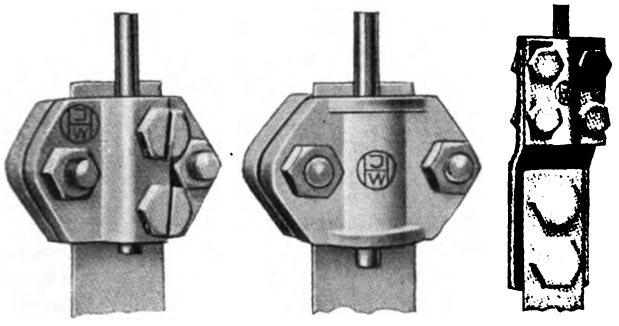


Abb. 9. Erdungsklemmen.

einiges über die Verbindungsstellen zwischen Erdseil, Masteisen und Erdern gesagt werden. Unbedingt wichtig ist, daß das Erdseil in der Erdseilklemme großflächig und mit genügendem Druck anliegt. Ein schlechter Übergangswiderstand durch Rostbildung oder andere Einflüsse ist gegenüber dem Stoßstrom nicht so gefährlich als bei dem nachfolgenden Betriebsstrom. Treten infolge von Blitzeinschlägen an zwei Masten Überschläge auf, so kommt es erfahrungsgemäß leicht zu einem Doppelerdschluß, bei dem ein wesentlicher Teil des Fehlerstromes über das Erdseil fließt. Es sind in solchen Fällen schon schwere Schäden am Erdseil eingetreten, wenn in den Klemmstellen schlechte Übergänge waren. Auch bei der obengeschilderten isolierten Verlegung von Erdseilen muß auf diesen Fall Rücksicht genommen werden; die Erdungsleitung und ihre Anschlüsse am Erdseil und am Mast müssen den Doppelerdschlußstrom führen können, ohne unzulässig beansprucht zu werden.

Für den Anschluß der Erdungsleitungen an die Erder sind in den letzten Jahren geeignete lösbare Klemmverbindungen entwickelt worden, von denen Abb. 9 einige Ausführungsformen enthält.

Zusammenfassung.

Daß Erdseile bei richtiger Anordnung im Mastkopfbild von Freileitungen einen hervorragenden Einschlagschutz darstellen, ist erwiesen. Eine Reihe von Mastkopfbildern ausgeführter Leitungen mit zwei und drei Erdseilen wird besprochen. Die Erdseilklemmen vom Mast zu isolieren und daneben eine leicht lösbare Verbindung vorzusehen, ist von Vorteil, weil dadurch die Nachprüfung der Masterdungswiderstände vereinfacht wird. Bei Betonmasten müssen die Aufhängeeisen der Isolatoren mit den Bewehrungseisen der Ausleger und diese wieder mit den Masteisen sicher metallisch verbunden werden. Das Erdseil hat auch bei Holzmastleitungen Wert. Für seine zweckmäßige Anordnung und Erdung werden Vorschläge gemacht.

[10]) H. Grünewald u. H. Zaduk, ETZ 57 (1936) H. 38, S. 1079 u. H. 39, S. 1108.

Entwicklung der Maste und Mastbilder vom elektrischen Standpunkt aus.

Von **Bernhard Katzenberger VDE**, Mannheim.

621. 315. 17. 001

Übersicht. An Hand eines Beispieles einer 110 kV-Leitung wird der Einfluß der Anordnung der Leiterseile am Mast, des Abstandes zwischen Leiterseil und Erdseil und des Durchmessers (Querschnitt) von Leiterseil und Erdseil auf die elektrischen Eigenschaften einer Freileitung untersucht.

Die Ausbildung des Mastbildes bzw. die Anordnung der Leiterseile am Mast und die gegenseitigen Abstände zwischen Leiterseilen und Erdseilen wird in erster Linie von mechanischen Gesichtspunkten bestimmt, wie Ausschwingen der Leiterseile infolge Winddrucks, Eisbelastung, plötzliches Abfallen von Eislasten, ungleichmäßig verteilten Eislasten in den verschiedenen Spannfeldern u. dgl. m. Die nachstehenden Ausführungen beschränken sich auf die Untersuchung des Einflusses, den die Leiterseilanordnung und die gegenseitigen Abstände auf die elektrischen Eigenschaften einer Freileitung haben.

An Hand eines Beispieles einer 110 kV-Leitung mit Stahl-Aluminium-Leiterseilen mit einem Nennquerschnitt von 150 mm² und einem Stahl-Erdseil von 50 mm² Querschnitt in Ausführung als Einfach- und als Doppelleitung werden die bis heute gebräuchlichsten Mastbilder beschrieben und auf ihre elektrischen Eigenschaften untersucht. Abb. 1 bis 4 zeigen die gebräuchlichsten Leiteranordnungen bei Einfach-Hängeleitungen für eine Betriebsspannung von 110 kV. Die Anordnung nach Abb. 1 kann nur dort gewählt werden, wo keine Eislasten auftreten. Die Anordnung nach Abb. 2 oder 3 ist sehr häufig angewendet worden und ist heute noch üblich in Gegenden mit nicht allzu starker Rauhreifgefahr.

Abb. 4 a und b stellen die neueste Anordnung dar. Diese Anordnung bietet die größte Kurzschlußsicherheit in Gegenden mit starker Rauhreifgefahr; ein Zusammenschlagen der Seile, auch bei ungleich längs der Leitung verteilter Eislast, ist dabei überhaupt nicht zu befürchten.

Abb. 5 bis 9 zeigen die gebräuchlichsten Mastbilder für Doppelleitungen für die gleiche Spannung von 110 kV. Bei der Anordnung nach Abb. 6 hat der unterste Balken nur eine wenig größere Ausladung als der oberste Balken. Man erreicht dadurch bei ungefähr gleichen Mastgewichten und gleich großen Vertikalabständen gegenüber der Tannenbaumform größere Horizontalabstände. Die Form nach Abb. 7 und 8 bietet gegenüber der Tannenbaum- oder Sechseck-Anordnung den Vorteil, daß die Sicherheit gegen Zusammenschlagen der Seile durch Vergrößerung des Vertikalabstandes erhöht werden kann. — Zu der Anordnung Abb. 8 sei erwähnt, daß diese mit Vorteil nur in gebirgigem Gelände angewendet wird, z. B. bei Führung der Leitung entlang von Abhängen. Abb. 9 zeigt wieder die Anordnung der Leiterseile in einer waagerechten Ebene. Das Erdseil ist hierbei auf die Mastspitze verlegt. Es besteht selbstverständlich noch eine ganze Reihe anderer Möglichkeiten für die Anordnung des Leiterseils als die oben angeführten, z. B. umgekehrte Tannenbaumform usw.; für den vorliegenden Zweck genügt es jedoch, zum Vergleich die aufgeführten Anordnungen heranzuziehen.

Zunächst soll der Einfluß der Leiterseilanordnung auf die Leitungskonstanten, die Induktivität und die Kapazität, behandelt werden.

Induktivität. — Der induktive Widerstand setzt sich zusammen aus der Selbstinduktion des Leiters und der gegenseitigen Induktion durch die anderen Leiter. Der in-

Digitized by Google

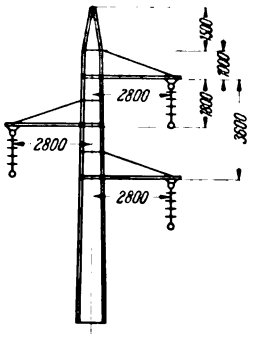


Abb. 1. Anordnung eines annähernd gleichseitigen Dreiecks.

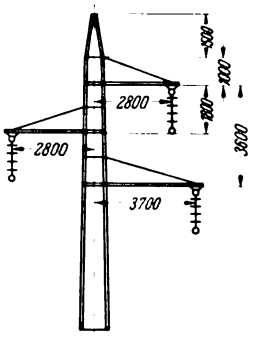


Abb. 2. Dreiecksanordnung mit senkrechter Versetzung des untersten Leiterseiles gegenüber dem darüberliegenden Seil.

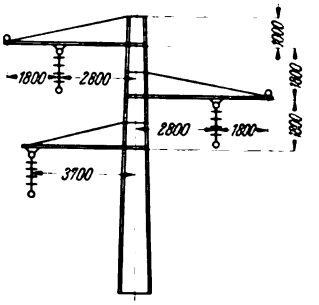
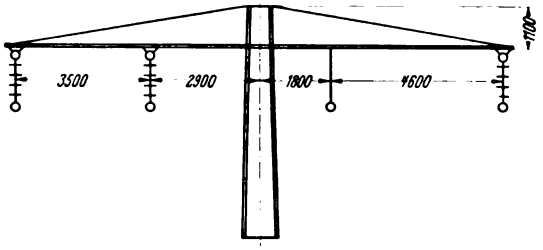
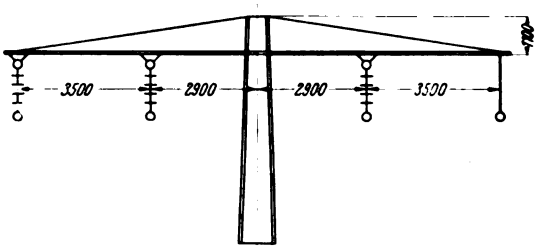


Abb. 3. Die gleiche Anordnung wie Abb. 2, jedoch mit zwei Erdseilen.



a



b

Abb. 4a u. b. Leiterseile und das Erdseil in einer Ebene angeordnet.

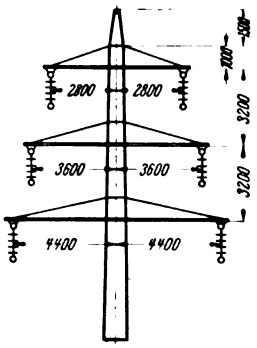


Abb. 5. Tannenbaumanordnung bei Doppelleitungen.

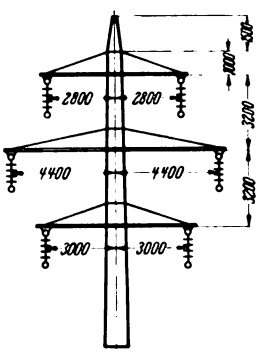


Abb. 6. Sechseckanordnung bei Doppelleitungen.

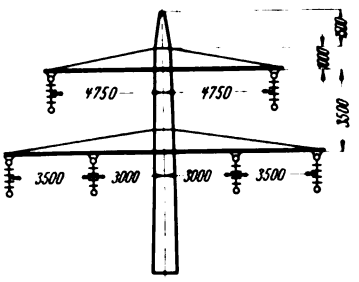


Abb. 7. Leiterseile von jeweils einem Übertragungssystem in annähernd gleichseitigem Dreieck angeordnet.

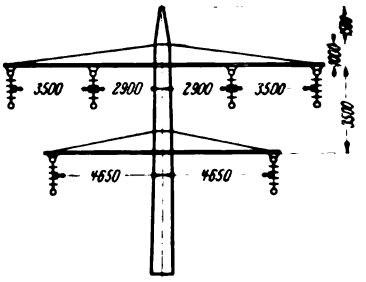


Abb. 8. Sonderausführung der Anordnung in Abb. 7.

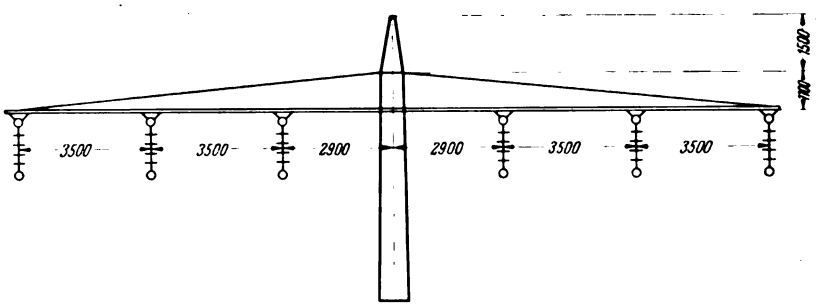


Abb. 9. Anordnung von Doppelleitungen entsprechend Abb. 4a u. b.

Digitized by Google

duktive Widerstand bzw. der Blindwiderstand je Leiter ergibt sich aus den bekannten Näherungsgleichungen:

$$L_r = L_1 - M_{12} - M_{13} \quad (1)$$

$$L_1 = \frac{2\,l}{10^4}\left(\ln\frac{2\cdot l}{r} - 0{,}75\right) \quad (2)$$

$$M_{12} = \frac{0{,}5\cdot 2\,l}{10^4}\left(\ln\frac{2\cdot l}{a_{12}} - 1\right) \quad (3)$$

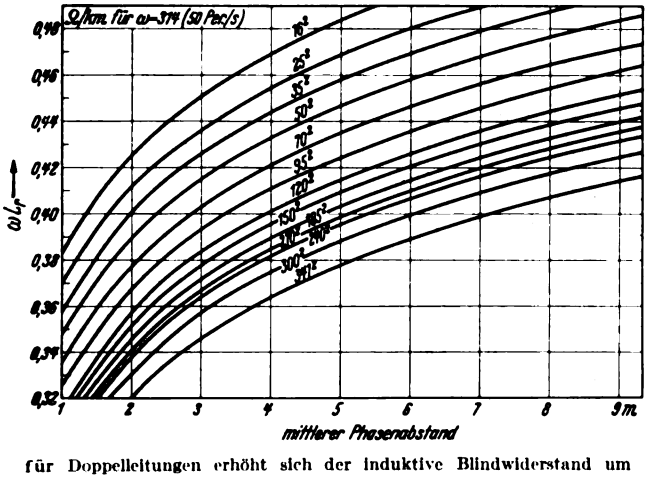
$$M_{13} = \frac{0{,}5\cdot 2\,l}{10^4}\left(\ln\frac{2\cdot l}{a_{13}} - 1\right) \quad (4)$$

worin

L_r die Gesamtinduktivität in H,
L_1 die Selbstinduktion in H,
M_{12} M_{13} die gegenseitige Induktion in H,
r den Seilhalbmesser in cm,
l die Baulänge in cm,
a_{12} a_{13} die Phasenabstände in cm

bedeuten.

Bei den Berechnungen wird angenommen, daß die Leitungen jeweils gleichmäßig verdrillt sind. Wie aus Gl. (1) bis (4) hervorgeht, ist die Induktivität einer Leitung abhängig von dem Phasenabstand und dem Halbmesser der Leiterseile. In Abb. 10 ist in Kurvenform der Blindwider-



für Doppelleitungen erhöht sich der induktive Blindwiderstand um um $0{,}144 \cdot \lg d'/d''$ Ω/km

$$d' = \sqrt[3]{d'_{12}\cdot d'_{23}\cdot d'_{31}}; \quad d'' = \sqrt[3]{d'_{11}\cdot d'_{22}\cdot d'_{33}};$$

d'_{12} = Abstand zwischen Phase *1* des 1. und Phase *2* des 2. Systems usw.

Abb. 10. Induktiver Blindwiderstand je Phase einer verdrillten Drehstrom-Freileitung für Stahl-Aluminium-Seil (neue Normen) und Verlegung nur eines Systems.

stand je Phase und km einer verdrillten Drehstromfreileitung für Stahl-Aluminium-Seile mit einem Nennquerschnitt von 16 bis 340 mm² angegeben.

In Abb. 12 und 13 sind für die verschiedenen in Abb. 1 bis 9 dargestellten Leiteranordnungen die induktiven Blindwiderstände angegeben. Wie aus dem Vergleich der einzelnen Zahlen hervorgeht, ist die Anordnung der Leiterseile in einer Ebene elektrisch die ungünstigste, jedoch ist der Unterschied gegenüber der günstigsten Dreiecksanordnung bei der Einfachleitung nur etwa 6 % und bei der Doppelleitung etwa 7,5 %. Die höhere Kurzschlußsicherheit der Anordnung in einer Ebene wird also durch eine geringe Erhöhung des induktiven Widerstandes erkauft.

Kapazität. — Die kapazitiven Widerstände und die durch sie verursachten Ladeströme sind, wie aus nachstehenden bekannten Näherungsformeln hervorgeht, ebenfalls abhängig von dem gegenseitigen Abstand der Leiterseile und ihrem Halbmesser sowie der Höhe der Leiterseile über der Erde:

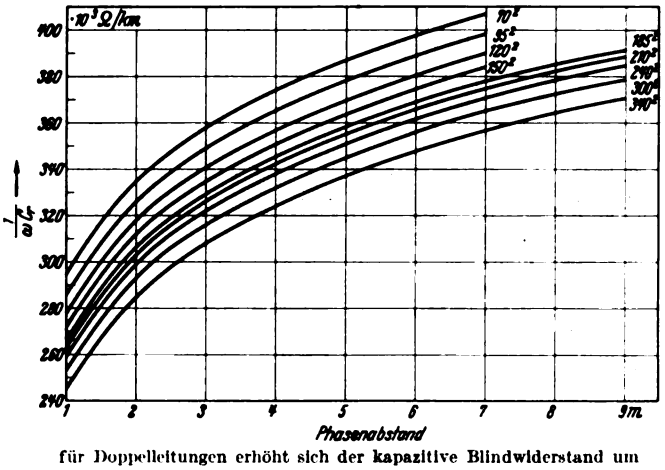
$$\frac{1}{\omega C_r} = \frac{9\cdot 10^6}{\omega}\,(2\cdot\ln a - 2\cdot\ln r)^{*1}) \quad (5)$$

*1) O. Burger: Berechnung von Drehstromkraftübertragungen, Berlin: Julius Springer 1931.

hierin ist:

a der mittlere Phasenabstand in cm,
r der Seilhalbmesser in cm,
$\omega = 2\pi f$ die Frequenz,
C_r die resultierende Kapazität je Leiter und km Baulänge.

Die Masthöhe bleibt wegen des geringen Einflusses bei dieser Näherungsformel unberücksichtigt.



für Doppelleitungen erhöht sich der kapazitive Blindwiderstand um um $132 \cdot \lg d'/d'' \cdot 10^3$ Ω km

$$d' = \sqrt[3]{d'_{12}\cdot d'_{23}\cdot d'_{31}}; \quad d'' = \sqrt[3]{d'_{11}\cdot d'_{22}\cdot d'_{33}};$$

d'_{12} = Abstand zwischen Phase *1* des 1. und Phase *2* des 2. Systems usw.

Abb. 11. Kapazitiver Blindwiderstand je Phase einer verdrillten Drehstrom-Freileitung für Stahl-Aluminium-Seile (neue Normen) bei Verlegung nur eines Systems.

Auf Abb. 11 ist in Kurvenform der kapazitive Blindwiderstand je Phase einer verdrillten Drehstromfreileitung für Stahl-Aluminium-Seile für Querschnitte von 70 bis 340 mm² in Abhängigkeit des Phasenabstandes dargestellt

Zahlentafel 1.

induktiver Blindwiderstand je Phase einer verdrillten Drehstromleitung $u\,h\,r$ in Ω/km .	0,425	0,430	0,428	0,451	0,434
kapazitiver Blindwiderstand je Phase einer verdrillten Drehstromleitung $\frac{1}{\omega C_r}$ in Ω/km .	$379\cdot10^3$	$383\cdot10^3$	$381\cdot10^3$	$401\cdot10^3$	$387\cdot10^3$
Schutzwert des Erdseiles in %	25,5	25,0	44,5	13,5	10,1

Zahlentafel 2.

induktiver Blindwiderstand je Phase einer verdrillten Drehstromleitung $u\,h\,r$ in Ω km	0,424	0,427	0,411	0,421	0,444
Kapazitiver Blindwiderstand je Phase einer verdrillten Drehstromleitung $\frac{1}{\omega C_r}$ in Ω/km .	$385\cdot10^3$	$381\cdot10^3$	$369\cdot10^3$	$374\cdot10^3$	$395\cdot10^3$

und in Tafel 1 und 2 sind die kapazitiven Blindwiderstände in Ω/km für die verschiedensten Leiteranordnungen angegeben. Die prozentualen Unterschiede sind hierbei ungefähr die gleichen wie bei den Blindwiderständen.

Digitized by Google

Die Schutzwirkung von Erdseilen. — Unter dem Schutzwert bzw. der Schutzwirkung eines Erdseiles versteht man das prozentuale Verhältnis v zwischen der Abnahme des Potentials des geschützten Leiters zum Potential des ungeschützten Leiters. Sie läßt sich auf Grund der Kapazitätsverhältnisse berechnen[2]).

Die Formel für die Berechnung lautet:

$$v = \frac{V_1 - V_{1g}}{V_1} \cdot 100 = \frac{a_{ls}}{a_{ss}} \cdot \frac{h_s}{h_l} \qquad (6)$$

$$a_{ls} = \ln \left(\frac{4\, h_l\, h_s}{a_{ls}^2} + 1 \right)$$

$$a_{ss} = \ln \frac{2\, h_s}{r_s}$$

hierin ist:

h_s die Höhe des Erdseiles über Boden in m,
h_l die mittlere Höhe der Leiterseile über Boden in m,
a_{ls} der mittlere Abstand zwischen Erdseil und Leiterseil in m,
r der Halbmesser des Erdseiles in m,
V_1 das Potential des ungeschützten Leiters,
V_{1g} das Potential des geschützten Leiters.

Aus der Formel geht hervor:

1. je höher die Leiterseile über dem Boden sind, also je höher die Maste bzw. die Spannung, desto geringer ist die Schutzwirkung;
2. je höher das Erdseil über Boden, desto höher ist die Schutzwirkung, anderseits vermindert sich die Schutzwirkung mit größer werdendem Abstand zwischen Leiterseilen und Erdseilen;
3. der Seilhalbmesser (Querschnitt) des Erdseiles ist von sehr geringem Einfluß auf die Schutzwirkung.

Für die Einfachleitung wurden unter Zugrundelegung der Mastbilder 1 bis 4 auf Grund obiger Formeln die Schutzwerte errechnet; sie sind in der Zahlentafel 1 angegeben.

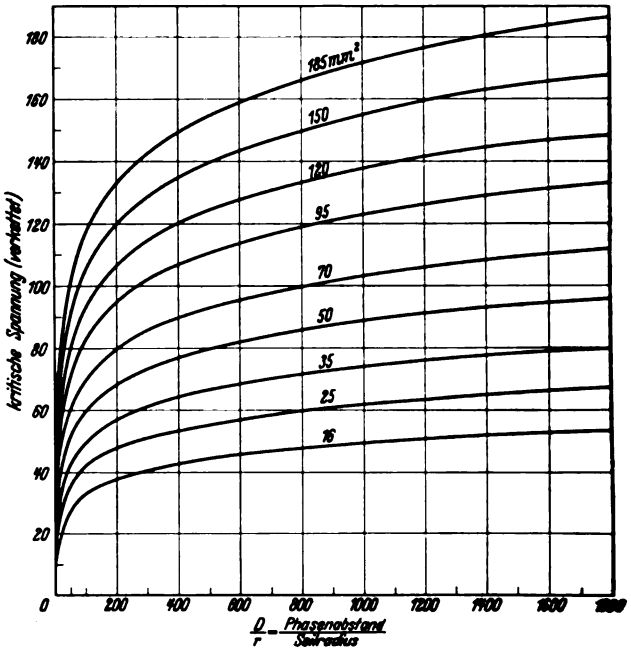
Wie aus den Zahlen hervorgeht, ist die Anordnung des Erdseiles in einer Ebene mit den Leiterseilen die ungünstigste. Von einer Schutzwirkung gegen induzierte Spannungen bei atmosphärischen Entladungen kann hierbei kaum gesprochen werden. Versuche von F. W. Peek jun.[3]) haben ergeben, daß in Wirklichkeit das Erdseil eine höhere Schutzwirkung hat, als sich rechnerisch auf Grund der Leiteranordnungen und der Abmessungen errechnen läßt. Dies wird damit erklärt, daß sich an den Seilen Korona bildet, die den wirksamen Seildurchmesser und damit die Kapazitäten vergrößert. Die vorstehende Betrachtung über die Schutzwirkung des Erdseiles bezog sich auf die Herabsetzung der induzierten Gewitterspannung in einem Leiterseil, die dadurch entsteht, daß beim Zusammenbruch des Wolkenfeldes beim Blitzschlag die induzierten Ladungen plötzlich frei werden und nach beiden Seiten abwandern. Durch eine Reihe Beobachtungen in den letzten Jahren ist festgestellt worden, daß die gefährlichen Gewitterüberspannungen in den meisten Fällen nicht durch die induzierten Spannungen hervorgerufen werden, sondern in der Hauptsache durch unmittelbaren Einschlag des Blitzstrahles in die Leitungen.

In diesem Fall hat das Erdseil ebenfalls eine schützende Wirkung, rechnerisch ist diese jedoch nicht zu erfassen. Im Falle eines unmittelbaren Blitzschlages besteht die Hauptschutzwirkung des Erdseiles weniger in der kapazitiven Wirkung als in der Tatsache, daß das Erdseil den Erdungswiderstand der Maste herabsetzt. Bei unmittelbaren Blitzschlägen in die Maste treten Ströme in der Größenordnung von 10 000 bis 100 000 A und darüber auf. Bei der Ableitung dieser Ströme in die Erde spielt der Erdübergangswiderstand eine ausschlaggebende Rolle. Die Frage des Schutzwertes des Erdseiles gegenüber atmosphärischen Überspannungen ist immer noch umstritten. Praktische Beobachtungen haben jedoch gezeigt, daß ein Schutzwert ohne Zweifel gegeben ist[4]).

Durch unmittelbare Blitzschläge ist erfahrungsgemäß der oberste Leiter besonders gefährdet. Die Anordnung der Leiterseile in einer Ebene ist also von diesem Gesichtspunkt aus besonders vorteilhaft und hebt die Nachteile durch die geringere kapazitive Wirkung bei dieser Anordnung wieder auf.

Koronaverluste. — Bei Freileitungen treten Strahlungs- und Koronaverluste ein, wenn die Betriebsspannung um einen bestimmten Betrag höher ist als die Durchschlagsfestigkeit der den Leiter umgebenden Luft. Die Spannung, bei der die Durchschlagsfestigkeit der Luft erreicht wird und bei der das Glimmen des Leiters beginnt, bezeichnet man als kritische Durchbruchsspannung $U_{0_{kr}}$. Diese errechnet sich nach der bekannten Formel

$$U_{0_{kr}} = 21{,}1\; r\, d\, m_1\, m_2 \ln \frac{a}{r}. \qquad (7)$$



Querschnitt . .	16 mm²	25	35	50	70	95	120	150	185
Halbmesser . .	2,505 mm	3,15	3,75	4,50	5,25	6,25	7,00	7,90	8,75

Abb. 12. Kritische Spannung (verkettet) in Abhängigkeit von $\frac{D}{r} = \frac{\text{Phasenabstand}}{\text{Seilradius}}$.

Hierin bedeutet

r den Halbmesser des Leiters in cm,
a den gegenseitigen Leiterabstand in cm.

Die übrigen Größen d, m, und m_2 berücksichtigen den Einfluß des Barometerstandes, des Wetters und der Beschaffenheit der Seiloberfläche. Wie aus der Formel hervorgeht, ist die kritische Durchbruchsspannung in erster Linie abhängig vom Halbmesser des Leiterseiles und in geringerem Umfang auch von dem gegenseitigen Abstand der Leiterseile. In Abb. 12 ist die verkettete kritische Durchbruchspannung einer Drehstromleitung dargestellt in Abhängigkeit des Verhältnisses Leiterseilabstand zu Leiterseilhalbmesser, und zwar für Vollseile von 16 bis 185 mm². Die Kurvenwerte gelten für gutes Wetter und einen Barometerstand von 740 mm und eine Temperatur von 15 bis 20 ° C; für schlechtes Wetter sind die Kurvenwerte mit 0,8 zu multiplizieren.

[2]) W. Petersen, ETZ 35 (1914) S. 1.
[3]) ETZ 52 (1931) S. 148.
[4]) Philip Torchio, J. Amer. Inst. electr. Engr. 46 (1927) S. 691; W. B. Konwerhoven und R. D. Hooker, J. Amer. Inst. electr. Engr. 52 (1933) S. 475.

Digitized by Google

Zum Schluß seien noch die VDE-Vorschriften erwähnt, die auf die Anordnung der Leitungen am Ge-

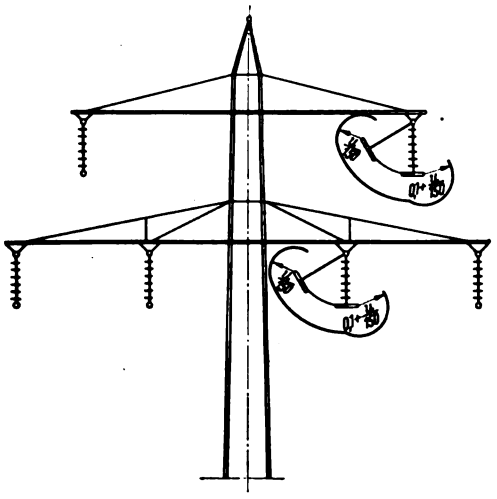


Abb. 13. Mastbild nach Abb. 7. Abstand der Leiter von geerdeten Maststellen.

stänge Bezug nehmen. In § 9 der Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen, V.S.F.[5]), ist vorgeschrieben, daß die gegenseitigen Abstände a der Leiterseile sein müssen:

bei Leitungen aus Aluminium und seinen Legierungen mindestens

$$a = \sqrt{f} + \frac{U_n}{150}, \qquad (8)$$

bei Leitungen aus anderen Werkstoffen (auch Stahlaluminium) mindestens

$$a = 0{,}75\sqrt{f} + \frac{U_n}{150}. \qquad (9)$$

Hierbei ist f der Durchhang der Leitungen bei $+40°$ in m und U_n die Nennspannung in kV einzusetzen, a erhält man dann ebenfalls in m.

In bezug auf den Abstand der spannungsführenden Leitungen von geerdeten Bauteilen ist für Hängeleitungen ein Mindestabstand a_{min} vorgesehen von:

$$a_{min} = 0{,}1 + \frac{U_n}{150}$$

bei ruhender Kette und

$$a_{min} = \frac{U_n}{150}$$

bei Ablenkung der Kette durch Wind.

Auf Abb. 13 sind für ein Mastbild gemäß Abb. 7 die verlangten Abstände eingezeichnet.

[5]) ETZ 50 (1929) S. 1505; ETZ 52 (1931) S. 29, 621, 948, 1396; ETZ 55 (1934) S. 939.

Bau von Starkstrom-Freileitungen.

Von A. Bürklin VDE, Berlin.

621. 315. 17

Übersicht. Die Verfahren zur Aufstellung von Eisenmasten verschiedener Bauart werden besprochen. Das Einziehen des Seiles wird geschildert, wobei besonders auf die Maßnahmen eingegangen wird, die bei Aluminium-, Stahl-Aluminium- und Aldreyleitungen zu beachten sind.

Aufstellen der Maste.

Der Bau einer Freileitung ist in hohem Maße von der Gegend, der Bodenbeschaffenheit, dem Gepräge der betreffenden Landschaft abhängig, auch die Jahreszeit,

Abb. 1. Aufstellen eines Eisenmastes mit Schwellengründung.

in welcher der Bau durchgeführt werden muß, spielt eine erhebliche Rolle. Es muß also schon bei der Planung einer Freileitung auf diese Punkte Rücksicht genommen werden. Bei der Wahl der Gründungs- und Bauart der Maste muß man sich bereits klar sein über die anzuwendende Bauweise, d. h. die Planung der Freileitung und die Einzelbauart haben die Bauweise zu berücksichtigen,

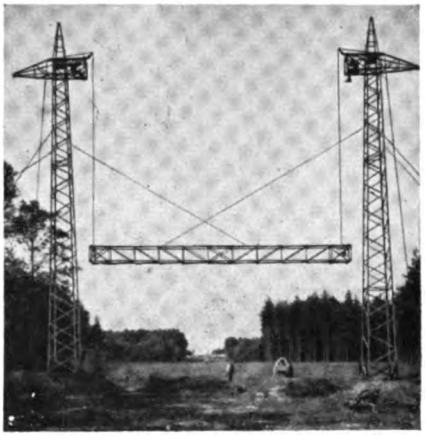


Abb. 2. Errichtung eines Portalmastes.

und umgekehrt muß sich diese neben den gegebenen Faktoren, wie Landschaft, Bodenart und Jahreszeit, nach den gewählten Einzelbauarten richten. Diese wechselseitige Rücksichtnahme ist unerläßlich, wenn die Bauarbeiten wirtschaftlich durchgeführt und die erforderliche Sicherheit und höchste Lebensdauer der Freileitung erreicht werden sollen.

Für die Wahl der Gründung ist neben der Art und Größe der Maste in erster Linie die Bodenart maß-

Digitized by Google

gebend[1]). Umgekehrt beeinflußt aber auch die einmal gewählte Gründungsart die Bauart der Eisengittermaste und die Art des Aufrichtens. Holzmaste werden in den meisten Fällen unmittelbar im Boden fundiert, in einfachster Weise mit Folgen und Gabeln aufgerichtet, nachdem Kopfausrüstung und Isolatoren an dem Mast angebracht sind. Bei schweren Holz-A-Masten werden bereits kleine Aufstellvorrichtungen mit Erfolg verwendet. Das Zugseil führt über einen leichten Aufstellbock und wird von einem Pferd angezogen. Eisengittermaste, vielfach mit Holzschwellen fundiert, werden aus einzelnen, fertig zusammengenieteten Schüssen an der Baustelle zusammengebaut und die Holzschwellen an dem fertig zusammengebauten Mast angebracht. Abb. 1 zeigt die Aufstellung eines derartigen Mastes mit bereits am liegenden Mast angebrachten Traversen und Isolatorenketten. Das Zugseil greift im Schwerpunkt des oberen Mastteils an und ist über eine an der Spitze des Stellbockes angebrachte Rolle geführt. Der Stellbock steht auf den Eckwinkeln des Mastes und erleichtert so durch seinen Fußdruck mit dem Gewicht des Schwellenfußes das Aufrichten des Mastes. Der Zug selbst wird bei kleineren Masten durch Pferde, bei größeren Masten durch Raupenschlepper mit Flaschenzug oder mit Winde ausgeübt.

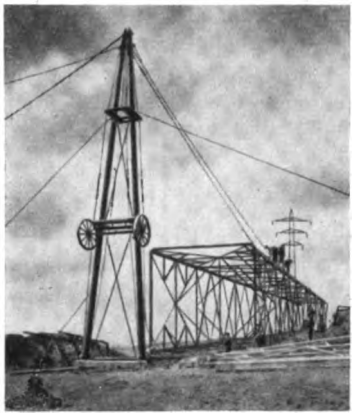


Abb. 3. Aufstellen eines Eisengittermastes.

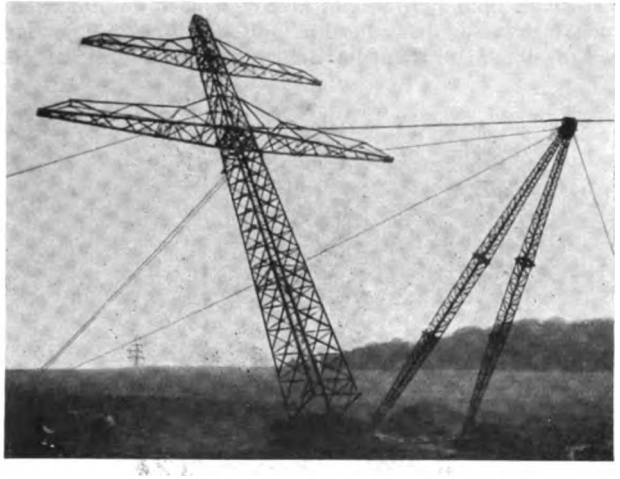


Abb. 4. Aufstellen eines Eisengittermastes.

Abb. 2 zeigt die Errichtung eines Portalmastes mit Schwellengründung. Die Maste werden einzeln ähnlich wie in Abb. 1 aufgestellt. Hierauf werden dann die Querträger über Rollen, die an einem kleinen Ausleger der Maste angebracht sind, mit Winden hochgezogen und mit den Masten verbunden. Die bisher geschilderte Bauweise hat zur Voraussetzung, daß die Maste beim Beginn des Baues sofort geliefert werden. In die ausgehobenen Baugruben werden nun die Maste gestellt und entweder mit Betonblöcken umgeben oder einfach nur durch einen Holzschwellenrost im Boden festgehalten.

[1]) Über die Gründung von Masten berichtet W. Rier auf S. 1384 dieses Heftes.

Bei sehr schweren Masten kommen Aufstellvorrichtungen mit Gelenkfuß nach Abb. 3 oder 4 zur Verwendung. Der Mast Abb. 4 ist für eine 200 kV-Doppelleitung bestimmt. Bei dem Mast Abb. 3 werden die vier verhältnismäßig kleinen Einzelfundamente mit einem Montagerahmen verbunden, damit der vom Mastfuß besonders

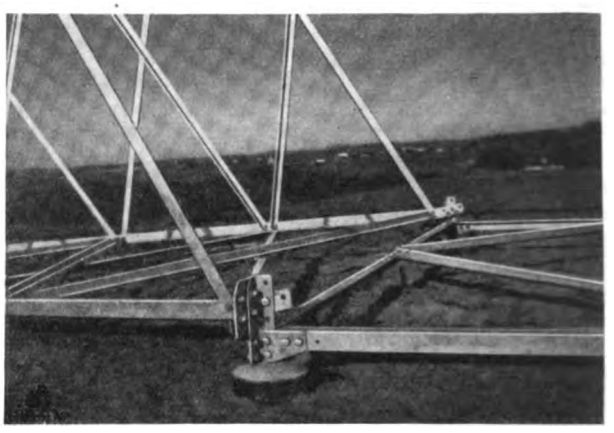


Abb. 5. Befestigung des Mastes an Pilzgründungen.

beim Beginn der Kippbewegung ausgeübte Druck auf alle vier Fundamente übertragen wird. Neuerdings ist die Fundierung von Eisengittermasten mit Pilzfundamenten mehrfach verwendet worden. Die Betonpilze fertigt man an einem oder mehreren geeigneten Werkplätzen an und befördert sie zu den einzelnen Maststandorten. Mit Hilfe eines

Abb. 6. Aufbau eines Flußkreuzungsmastes.

eisernen Senkrohres werden die Fundamentgruben ausgehoben und die Pilze in die Gruben versenkt. In die im oberen Pilzschaft vorgesehenen Aussparungen werden Winkeleisen einbetoniert, an denen der untere Waagerechtrahmen befestigt wird. Abb. 5 zeigt den bereits fertig zum Aufstellen am Fundamentrahmen befestigten

Digitized by Google

Mast. Der Mast wird in der vorbeschriebenen Weise mit Stellbock aufgestellt.

Ist für das übliche Aufkippen der Maste nicht genügend Platz vorhanden, baut man die Maste schußweise auf. Auch große Flußkreuzungsmaste müssen auf den Fundamenten aufgebaut werden. Der schußweise Zusammenbau ist hier meist nicht mehr möglich, da die großen Ausmaße den Versand ganzer Schüsse unmöglich machen. Derartige Türme werden aus Einzelstäben aufgebaut. Abb. 6 zeigt den Aufbau eines 80 m hohen Flußkreuzungsmastes.

Verlegen der Leitungen.

Seit in Deutschland für Freileitungen nur Aluminium, Stahlaluminium und Aldrey verwendet wird, kommt der Verlegung der Leitungen besondere Bedeutung zu. Da die genannten Leitungen gegen mechanische Beschädigungen viel empfindlicher sind als Kupferleitungen, müssen sie entsprechend sorgfältig ausgelegt werden. Auf kei-

Abb. 7. Seiltrommeln mit Seilbremsen.

nen Fall dürfen die Seile über sandigen oder steinigen Boden, scharfkantige Gegenstände und Querträger, Leitungen und Zäune schleifen. Daher werden diese Leitungen am besten über Rollen aus Holz oder Silumin ausgezogen. Ist das in Ortsnetzen nicht möglich, dann wird die Seiltrommel oder gegebenenfalls der Haspel auf einen

Abb. 8. Seilzugwinde mit Motorantrieb.

Wagen gestellt oder die durch die Seiltrommel geführte Welle wird unmittelbar mit Rädern versehen. Man läßt dann das Seil, nachdem das freie Ende festgelegt ist, von dem fahrenden Wagen ablaufen. Wenn das Seil so auf dem Boden ausgelegt ist, wird es in den an den Gestängen befestigten Rollen hochgezogen und eingeregelt.

Bei Überlandleitungen werden die Seile unmittelbar über leicht gangbare Rollen ausgezogen, die an den Querträgern der Maste aufgehängt sind. Seile kleineren Querschnittes werden mit Pferden ausgezogen. Genügt die Zugkraft der Pferde nicht mehr, verwendet man Raupenschlepper. Damit das Seil nicht am Boden schleift, müssen die Seiltrommeln abgebremst werden. Bei großen Spannweiten und großen Seilquerschnitten genügt das Abbremsen der Trommeln nicht mehr. Es müssen dann vor den Seiltrommeln besondere Bremsvorrichtungen an-

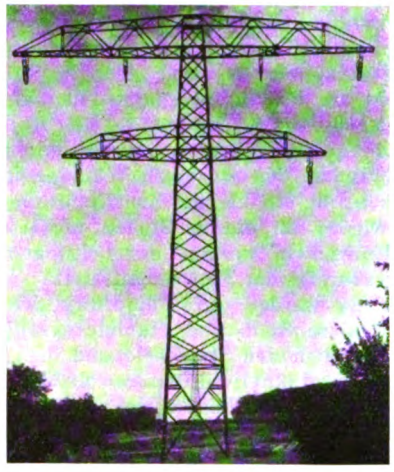


Abb. 9. Mast mit Seilrollen.

geordnet werden, die das Seil ohne Gefahr für dieses völlig abbremsen können. Abb. 7 zeigt eine derartige Seilbremse. Das Seil wird von der Seiltrommel, die zur Schonung des Seiles nur schwach gebremst wird, in Form einer 8 über zwei Seilräder gezogen, die bis zum vollkommenen Stillstand abgebremst werden können. Den

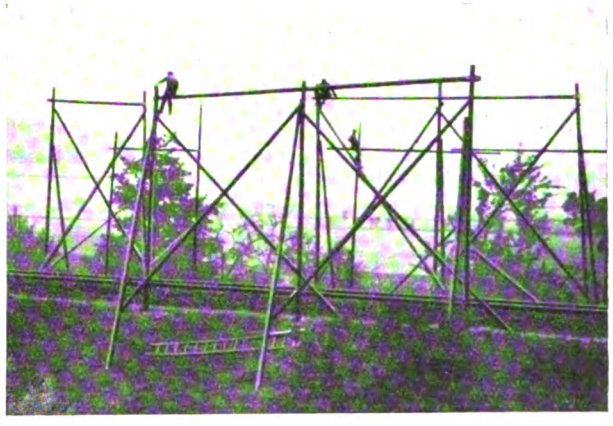


Abb. 10. Schutzgerüst bei einem Bahnübergang.

Seilzug selbst leistet eine Motorwinde (Abb. 8), auf der ein Stahlseil aufgetrommelt wird, das über die an den Querträgern der Maste befindlichen Rollen geführt ist. Das Stahlseil ist mit dem Leitungsseil durch einen besonderen Verbinder verbunden und zieht so das Leitungsseil ebenfalls über die Seilrollen. Abb. 9 zeigt einen Mast mit Seilrollen. Die Seilrollen müssen leicht gangbar sein, damit das Seil nicht auf dem Umfang der Rollen scheuert. Die Rillen, in denen das Seil läuft, sind so tief, daß das Seil beim Ziehen nicht herausspringen kann, und so weit, daß es nicht geklemmt wird. Seilzug und Bremskraft werden so eingerichtet, daß das Seil mit seinem tiefsten Punkt etwa 1 bis 2 m über dem Boden hängt. Sind irgendwelche Hindernisse, wie Straßen, Eisenbahnen oder Freileitungen, vorhanden, über die die Seile nicht frei hinweggezogen werden können, so werden an diesen Stellen be-

Digitized by Google

sondere Schutzgerüste aus Holz aufgestellt, wie sie beispielsweise Abb. 10 zeigt. Beim Ausziehen des Seiles, besonders beim Ausziehen mit Stahlvorseilen, muß darauf geachtet werden, daß sich das Zugende des Seiles nicht drehen kann. Gegebenenfalls wird dies durch besondere Vorrichtungen verhindert.

Sind die Seile ausgezogen, so werden sie nach Durchhangstafeln eingeregelt, solange sie in den Rollen liegen. Man läßt dann die Leitungen sich aushängen und befestigt sie schließlich an den Isolatoren oder in den an den Isolatorenketten angebrachten Klemmen. Die Aluminium-, Stahlaluminium- und Aldreyleitungen werden dabei sowohl an den Befestigungsstellen an Stützenisolatoren als auch in den Klemmen an den Hängeisolatoren zum Schutze gegen Scheuern mit Aluminiumband umwickelt. Zwischen den einzelnen Windungen des Aluminiumbandes bleibt ein kleiner Zwischenraum, damit sich das Regenwasser an diesen Stellen nicht halten kann. Vor dem Umwickeln werden die Leitungen an diesen Stellen mit säurefreiem Fett eingefettet.

Neuerdings werden zur Dämpfung der Seilschwingungen Stahlaluminium- und Stahlaldreyseile verwendet, bei denen zwischen der Stahlseele und dem Aluminium- oder Aldreymantel ein Hohlraum verbleibt[2]). Diese Seile können in der gleichen Weise verlegt werden wie normale Stahlaluminiumseile, nur muß beim Ausziehen durch besondere Vorkehrungen verhindert werden, daß die Stahlseele in den Aluminiummantel hineinrutscht. Die besondere Konstruktion der Abspannklemmen ermöglicht es, daß die Stahlseele nach dem Verlegen und vorläufigen Einregeln des Seiles noch angezogen werden kann.

Die Verbindungen der Leitungen[3]), besonders der Aluminium-, Stahlaluminium- und Aldreyleitungen, müssen mit besonderer Sorgfalt ausgeführt und die Seile kurz vor dem Verbinden metallisch blank gemacht werden. Die unter Zug stehenden Verbinder im freien Feld werden während des Seilzuges hergestellt. Sie müssen daher so gebaut sein, daß sie mit einfachen Mitteln schnell und sicher hergestellt werden können, da der Seilzug während ihrer Herstellung ruhen muß. Damit die Verbinder den Seilzug nicht behindern, müssen sie durch die Rillen der Seilräder geführt werden können.

Der Bau von Starkstromfreileitungen erforderte immer schon große Umsicht und Sorgfalt, und das gilt ganz besonders bei den Aluminium-, Stahlaluminium- und Aldreyleitungen, deren Werkstoffeigenschaften beim Bau zu berücksichtigen sind. Von der einwandfreien Verlegung ist die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung abhängig. Wenn diese Gesichtspunkte beim Bau berücksichtigt werden, dann sind auch die mit Aluminium-, Stahlaluminium- oder Aldreyseilen ausgerüsteten Freileitungen unbedingt betriebssicher.

[2]) Vgl. Gröbl u. Glaßer, S. 1388 dieses Heftes.

[3]) Vgl. Nefzger, S. 1394 dieses Heftes.

Mastbauarten und Gründungen.

Von **Wilhelm Rier**, Berlin.

621. 315. 66

Übersicht. Im folgenden wird über Mastbauarten und -gründungen in ihrer vielfachen Verschiedenheit berichtet, wobei besonders zu beachtende Punkte herausgestellt werden.

A. Mastbauarten.

Nach Festlegung der Leiteranordnung und der wirtschaftlichen Spannweite ist zu entscheiden, welcher Baustoff für die Maste gewählt werden soll. Da das zumeist eine wirtschaftliche Frage ist, soll hier die Zweckmäßigkeit des Baustoffes nicht erörtert werden, sondern nur die Durchbildung der Maste. Von den zur Verfügung stehenden Baustoffen Stahl, Beton und Holz wird im Freileitungsbau in vielseitiger Form entsprechend den auftretenden Kräften Gebrauch gemacht. Für Nieder- und Mittelspannungsleitungen mit verhältnismäßig geringen äußeren Kräften ist die Verwendung von Holz als Einfach- oder Doppelmast nach wie vor am Platze, in Winkel- und Abspannpunkten die statisch günstige Ausbildung in A-Form. Bei Leitungsanordnung in einer Ebene erreicht man mit Holzmasten in Portalausbildung verhältnismäßig hohe Spannweiten. Abb. 1 zeigt eine 40 kV-Leitung mit 140 m Spannweite und Mastlängen von 13 bis 14 m. Den zugehörigen Abspannmast, bei dem auch die Traverse in Holz gehalten ist, zeigt Abb. 2. Bei Verwendung von Stahl mit geringeren äußeren Kräften verwendet man die verschiedenartigsten Vollwandbauarten und die sogenannten Flachmaste, das sind Maste mit in beiden Hauptachsen verschiedenen Trägheitsmomenten, wie U-Eisenmaste und gekuppelte Rohrmaste, bei denen man durch Anwendung von Schweißen zu einfachen und statisch günstigen Lösungen gelangt.

Bei Beton als Baustoff stehen die im Schleuder- und im maschinellen Rüttelverfahren hergestellten sog. Leichtmaste zur Verfügung mit Spitzenzügen bis etwa 250 bis 300 kg, in Längen bis etwa 16 m. Bei Hoch- und Höchstspannungsleitungen kommt für das Gestänge ausschließlich der Gittermast und der Eisenbetonmast in Frage. Die Bestimmung, wonach Stahlgittermaste und Eisenbetonmaste mit Kettenisolatoren auf Verdrehen zu berechnen sind, führte dazu, sofern nicht besondere Maßnahmen zur Verminderung der Verdrehungskräfte vorgesehen werden, daß die Stahlgittermaste im allgemeinen verstärkt werden mußten, vornehmlich an den Streben. Bei den üblichen Schleuder- und Rüttelmasten mit nicht zu hohen Verdrehungskräften sind Verstärkungen im allgemeinen nicht notwendig. Bei hohen Verdrehungskräften, wie sie vornehmlich bei Leitungsanordnung in einer Ebene auftreten, wählt man bei diesen Masten häufig und zweckmäßig die Portalausführung. Bei Stahlgittermasten bei gegebenen äußeren Kräften und Höhen die günstigste Mastform und damit die wirtschaftlichste zu finden, ist Sache der Erfahrung. Auf einen wichtigen Punkt sei hier hingewiesen. Bei Ermittlung der Zugspannung in den Streben aus Winkeleisen ist die Schwächung des Querschnitts durch Bohrung zu berücksichtigen; bei Ermittlung der Zugspannung von ausgeklingten Streben aus Winkeleisen darf nur der Querschnitt des genieteten Schenkels nach Abzug der Schwächung durch Bohrung in Rechnung gesetzt werden. Versuche an Einzelstäben mit einem Nietanschluß haben aber ergeben, daß auch bei nicht ausgeklinkten Streben am

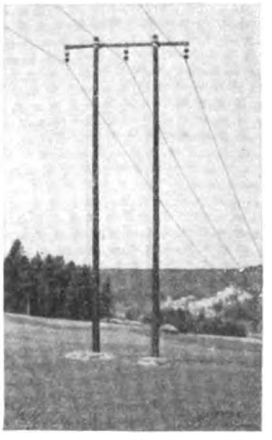


Abb. 1. Tragmast aus Holz für eine 40 kV-Leitung.

Digitized by Google

Niet nur der Anschlußschenkel trägt. Daß die Verhältnisse auch im Fachwerksverband ähnlich liegen, bestätigten die Versuche, die seinerzeit der VDE zwecks Klärung der Verdrehungsbeanspruchungen durchführte. Bei Anschluß der Streben mit nur einem Niet oder einer Schraube sollte daher auch schon mit Rücksicht auf die zugelassene hohe Spannung von $\sigma_z = 2000$ kg/cm² auch bei nicht ausgeklinkten Streben nur der geschwächte Schenkel in Rechnung gesetzt werden.

An Stelle der üblichen Gittermaste mit Winkeleisenprofilen wurden in letzter Zeit mehrfach Gittermaste mit Rohrquerschnitten verwendet; es handelt sich um längsgeschweißte Rohre mit Kreisquerschnitt, also einem Querschnitt, der statisch gegen Knicken äußerst günstig ist, geringe Windangriffsflächen bietet und daher auch nicht unerhebliche Gewichtsersparnisse ergibt. Die Streben werden an die Eckeisen unmittelbar durch elektrische Schweißung mittels Stirnkehlnähten angeschlossen. Abb. 3

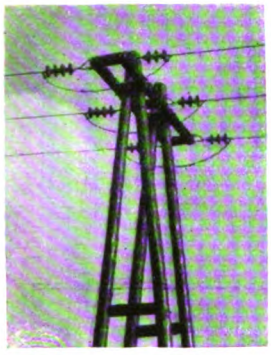


Abb. 2. Abspannmast aus Holz für eine 40 kV-Leitung.

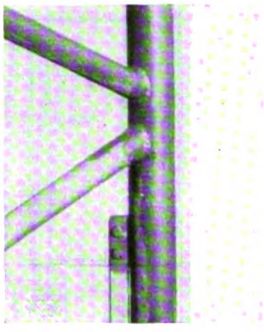


Abb. 3. Knotenpunkt eines Rohrgittermastes.

zeigt einen Knotenpunkt in dieser Ausführung bei einem 100 kV-Tragmast. Der Anschluß der Streben wird auf Zug bzw. Druck unter Berücksichtigung gelenkiger Knotenpunkte berechnet. In Wirklichkeit sind jedoch die Knotenpunkte steif, so daß bei der Verformung des Fachwerkes nicht eine Drehung in den Gelenkpunkten auftritt, wie bei der Berechnung angenommen, sondern eine Verbiegung der Stäbe stattfinden muß, damit die Knotenpunkte die durch die Verformung bedingte veränderte Lage einnehmen. Wenn auch im allgemeinen diese sog. Nebenspannungen bei genieteten Bauarten vernachlässigt werden, so sollten sie doch bei dem vorliegenden Anschluß mit in Rechnung gesetzt werden. Die anläßlich eines Großversuchs aufgetretene vorzeitige Zerstörung an der Schweißnaht dürfte in obigem begründet sein.

Die sonst im Stahlbau in den letzten Jahren viel angewendete Schweißung, vornehmlich bei Vollwandbauarten, hat bei Gittermasten mit den üblichen Winkelprofilen bisher nur wenig Eingang gefunden. Die Gründe sind vornehmlich die Tatsache, daß im allgemeinen nur wenig an Werkstoff gespart werden kann, und zwar beim Mastschaft unter Umständen bei den Streben, dann die Tatsache, daß bei nicht sehr vorsichtigem Schweißen, besonders bei leichten Bauteilen, Verwerfungen infolge Wärmewirkung auftreten; schließlich ist auch bei dem heutigen Stand der Werkstattechnik bei den meisten Eisenbauwerkstätten kaum eine Verbilligung in der Herstellung gegenüber den genieteten Bauarten zu erreichen, jedenfalls nicht bei den Gittermasten, bei denen der Anschluß der Streben nur mit einem Niet zu erzielen ist. Auch zeigte die Erfahrung bisher, daß genietete Gittermasten in der Regel in kürzerer Zeit geliefert werden konnten als geschweißte Gittermasten. Abb. 4 zeigt den bei Schweißung üblichen Anschluß der Streben aus Winkeleisen. Nach den Vorschriften soll die Schwerlinie des Schweißanschlusses in Richtung der Stabachse mit der Schwerlinie des anzuschließenden Stabes möglichst zusammenfallen, es soll sein $a_1 \cdot l_1 \cdot c_1 = a_2 \cdot l_2 \cdot c_2$; ($a_1$ und a_2 bedeuten hierin die Stärken der Schweißnähte). Da meistens die Schweißnähte gleich stark gewählt werden, läßt es sich nicht umgehen, daß beim oberen Anschluß der Streben noch ein Scherenschnitt erforderlich ist, um die Schweißen so legen zu können, daß sie der Vorschrift genügen. Günstiger verhalten sich dieserhalb die ⊥-Profile, die man auch bereits verschiedentlich für die Streben gewählt hat. Jedoch sind diese Profile in ihrem Aufbau (s. DIN 1024) nicht vielseitig genug, so daß sich bei ihrer Verwendung meistens ein Mehrgewicht gegenüber den zur Verfügung stehenden, viel mehr abgestuften ⌞-Profilen ergibt. Höchst zweckmäßig für den Gittermastbau in geschweißter Ausführung für die Streben würden ⊥-Profile sein, bei denen die Haupt-Trägheitsmomente gleich sind, was bei den bisherigen ⊥-Profilen nicht der Fall ist. Hierdurch können nicht unwesentliche Ersparnisse gegenüber den Winkelprofilen erreicht werden.

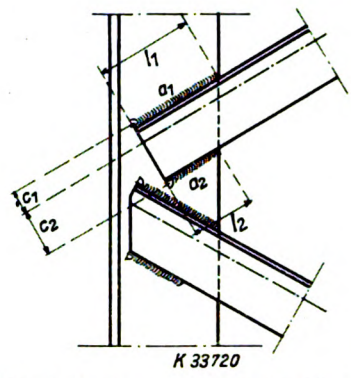


Abb. 4. Knotenpunkt eines geschweißten Gittermastes aus ⌞-Profilen.

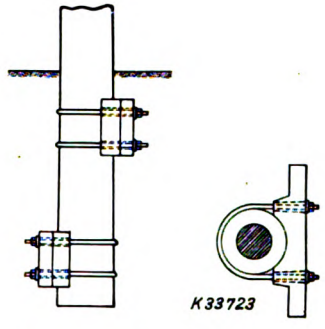


Abb. 5. Gründung eines Eisenbetontragmastes mit Eisenbetonplatten.

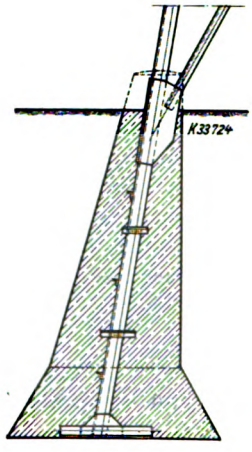


Abb. 6. Einzelfundament für Mast in gespreizter Ausführung.

B. Gründungen.

Die Gründung bei Holzmasten und Eisenbetonmasten mit geringeren äußeren Kräften löst sich bei normalem Boden meistens derart, daß diese Maste einfach hinreichend tief eingegraben werden. Bei A-Masten benutzt man Fundamentplatten zur Gründung[1]). Bei Eisenbetonmasten mit größeren Längen, jedoch verhältnismäßig geringen Zügen, z. B. Tragmasten, erreicht man genügende Standsicherheit bei normalem Boden durch Anbringen von waagerechten Eisenbetonplatten (Abb. 5). Diese Gründung, jedoch mit Holzschwellen, wird zweckmäßig auch bei Holzmasten mit schlechten Bodenverhältnissen angewendet. Bei Gittermasten als Tragmaste und vielfach auch bei Winkel- und Abspannmasten für Leitungen bis etwa 100 kV wird die billige Gründung im normalen Boden mit Holzschwellen am meisten ausgeführt; sie ist bei jeder Jahreszeit durchführbar und baulich sehr einfach. Voraussetzung für die Haltbarkeit ist jedoch neben gutem Anstrich der im Boden liegenden Eisenteile und teerölimprägnierten Schwellen eine pflegliche Behandlung der am Erdaustritt liegenden Eisenteile nach einigen Jahren.

[1]) Tafeln für Regel-A-Maste, herausg. v. d. Deutschen Reichspost.

Digitized by Google

Neben der Holzschwellengründung bei Gittermasten ist die Gründung in Betonblockausführung für Gittermaste bis etwa 100 kV nach wie vor die gebräuchlichste, bei Eisenbetonmasten mit größeren Längen und größeren äußeren Kräften ist sie die Regelausführung. Die wirtschaftliche Gründung mit Betonblockfundamenten setzt bei Gittermasten voraus, daß diese nicht zu breit sind, was sich auch im allgemeinen infolge unserer Berechnungsverfahren ohne weiteres ergibt. Die Gründe dafür, daß diese beiden Gründungsarten in Deutschland so häufig gewählt werden, liegen in der Tatsache, daß eben infolge der Berechnungsverfahren die Gittermaste am besten ausgenutzt sind, wenn sie verhältnismäßig schmal gehalten sind, und außerdem darin, daß in Deutschland die Aufstellung weitgespreizter Maste vielfach nur mit großen Opfern zu erlangen ist. Ist jedoch die Wasserhaltung sehr kostspielig, oder in Gebirgsgegenden und im Ödland, wo die Grunderwerbsschwierigkeiten eine geringere Rolle spielen, ist man zu den sog. aufgelösten Fundamenten in Beton- und Eisenbetonausführung übergegangen. Man kann diese Gründungen in zwei Gruppen einteilen, einmal solche, bei denen die vier Einzelfundamente in der Baugrube hergestellt werden, und ferner in solche, bei denen die Fundamente vorher in der Werkstatt bzw. im Baugebiet ausgeführt werden. Zur ersten Gruppe gehören die Einzelfundamente für Gittermaste für Höchstspannungsleitungen und für Winkel-, Abspannmaste usw. mit großen Zug- bzw. Druck- und Querkräften. Um die Fundamente möglichst axial zu beanspruchen und damit geringe Biegungsmomente zu erhalten, hat man sie vielfach geneigt in Richtung der Eckeisen gestellt (s. Abb. 6). Der aufgehende Teil verläuft konisch entsprechend den Beanspruchungen und führt zu geringen Abmessungen. Eine vollkommene Ausschaltung der Biegemomente ist aber nur in seltensten Fällen möglich. Die gezeigte Ausführung wird dann recht wirtschaftlich, wenn die Herstellung serienweise erfolgen kann, da die Schalungskosten ziemlich hoch sind.

Die zweite Gruppe der Fundamente, also die, welche vorher hergestellt und dann in die Baugrube eingebracht werden, müssen in ihrem Aufbau derart sein, daß eine Beförderungsmöglichkeit wirtschaftlich noch gegeben ist. Die Art der Ausführung zeigen Abb. 7a und b. Das Funda-

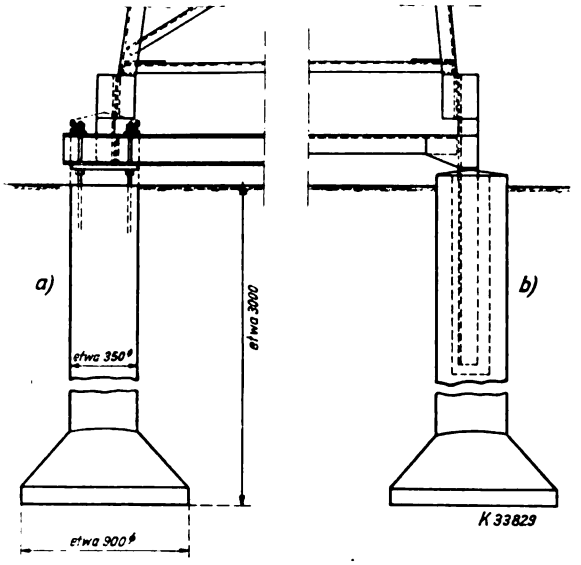


Abb. 7. Einzelfundamente für Maste in gespreizter Ausführung mit vorher in der Werkstatt hergestellten Betonklötzen.

ment wird mit dem Fuß des Mastes nach Abb. 7a durch Anker verbunden, die gleichzeitig einen Teil der Bewehrung darstellen, nach Bild 7b durch Winkeleisen, die nach Einbringen des Betonfundaments in die Grube in die vorgesehene Aussparung zusammen mit dem Fußrahmen eingebracht und vergossen werden. Eine Bewehrung ist immer notwendig, nicht allein mit Rücksicht auf die Zugkräfte, sondern auch infolge der durch die Querkräfte sich ergebenden Biegungsbeanspruchungen. Diese Fundamente werden zweckmäßig dort verwendet, wo man die Erde durch Erdbohrer ausheben kann und wo die Wasserhaltung sich sonst sehr kostspielig auswirken würde. Im übrigen muß der Boden jedoch genügend fest sein. In Gegenden, wo die gespreizte Mastform wegen schwierigen Grunderwerbs nicht anwendbar ist, wurde die in Abb. 8 dar-

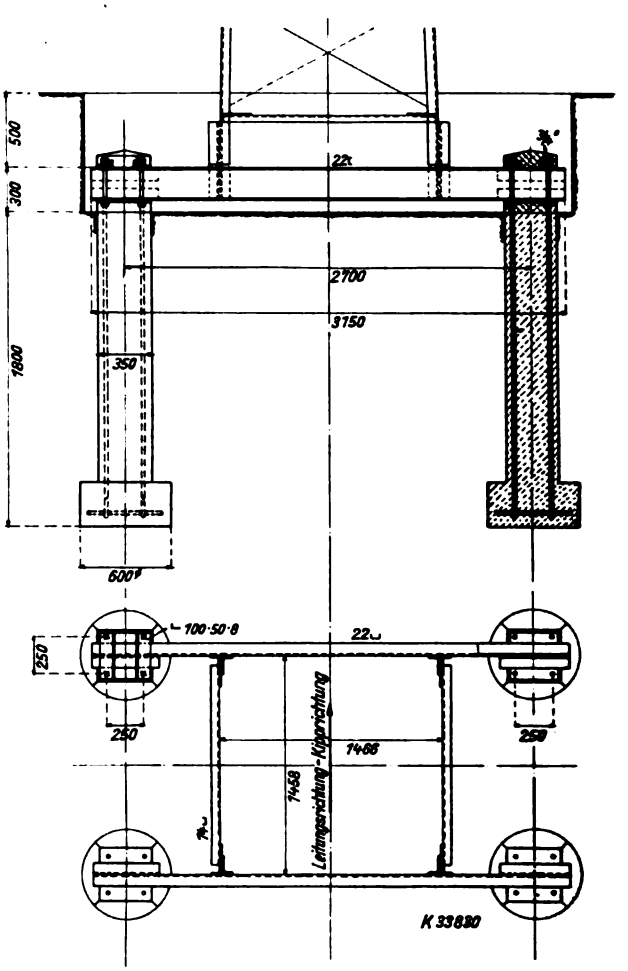


Abb. 8. Werkstattmäßig hergestellte Einzelfundamente mit besonderem Fußrahmen.

gestellte Fundamentanordnung mit gutem Erfolg angewendet. Der Mast hat am Erdaustritt die übliche mäßige Breite. Unterhalb der Erdoberfläche werden die Fundamente senkrecht zur Leitungsrichtung in dem statisch notwendigen Maße auseinandergezogen und mittels Bohrung eingesetzt, so daß darüber noch geackert werden kann. Die Ausführungsart eignet sich jedoch nur für Tragmaste mit nicht allzu hohen äußeren Kräften.

Die bisher besprochenen Gründungen sind Flachgründungen, also Fundamente mit mäßigen Eingrabetiefen. Man wird immer versuchen, mit diesen auszukommen, auch bei schlechten Bodenverhältnissen, indem man die Mastbreite am Erdaustritt möglichst groß wählt, womit die hauptsächlichsten Kräfte, das sind die Druck- und Zugkräfte, herabgesetzt werden. Wenn jedoch ein Baugrund vorliegt, bei dem die Tragfähigkeit nur in großer Tiefe zu erreichen ist, tritt an Stelle der Flachgründung die Gründung mit Pfählen. Zwei in letzter Zeit häufig ausgeführte Pfahlgründungen zeigen Abb. 9 und 10. Abb. 9 stellt die Gründung dar für einen 57 m hohen Tragturm. Das Fundament besteht aus vier unter den Eckeisen an-

Digitized by Google

geordneten Eisenbeton-Fundamentsockeln, die mit den tragenden Pfählen Verbindung haben. Die Fundamentsockel selbst sind dann noch unter sich durch einen biegungssteifen Eisenbetonrahmen verbunden. Die Pfähle

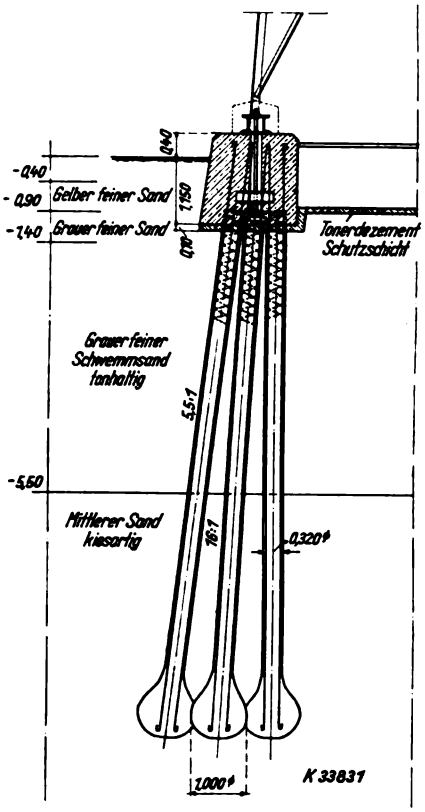


Abb. 9. Gründung eines Tragturmes mit Lorenz-Pfählen.

bestehen im vorliegenden Fall aus einem Pfahlschaft von 32 cm Dmr., umgeben von einem im Boden verbleibenden eisernen Mantelrohr und aus einer kugelförmigen Erweiterung am unteren Ende, dem Pfahlfuß von 100 cm Dmr. Die Pfähle werden im Bohrverfahren hergestellt (Lorenz-Pfahl). Das Mantelrohr wird abgebohrt und der darin befindliche Boden herausgefördert. Sodann wird vorgebohrt und schließlich der Fußhohlraum im Boden mittels Sonderbohrer ausgeschnitten. Nach Einbringen der erforderlichen Bewehrung aus Rundeisen werden Pfahlfuß-Hohlraum und Pfahlschaft mit besonderen Geräten in Richtung von unten nach oben mit Beton im Unterwasser-Gußverfahren ausgefüllt. Die Pfahlneigung ist so gewählt, daß die Pfähle möglichst axial beansprucht werden und nur geringe Biegungsmomente entstehen.

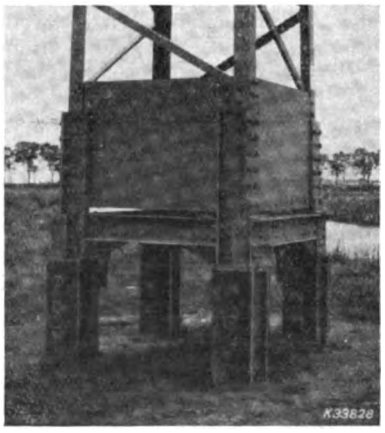


Abb. 10. Gründung mit Larssen-Bohlen.

Bei der in Abb. 10 dargestellten Gründung[2]), die in letzter Zeit häufig ausgeführt ist, sind Stahlpfähle verwendet, die mittels einer Explosionsramme eingerammt werden. Das Rammgerüst ist besonders leicht gehalten und einfach ausgebildet, damit es rasch von einem Mast zum anderen verfahren werden kann. Die Pfähle bestehen aus zwei zusammengeschweißten Larssen-Bohlen aus Stahl, denen meistens ein geringer Zusatz von Kupfer mit Rücksicht auf die Rostgefahr beigegeben ist. Die senkrechten Kästen, die etwa 0,5 m über Erdboden hinausragen, sind oben durch einen einbetonierten Fußrahmen fest miteinander verbunden. Die rahmenförmige Durchbildung ist hier sehr wichtig und notwendig, da hierdurch bei tiefliegendem tragfähigem Boden, wie es meistens der Fall ist, die Pfähle möglichst gering auf Biegung beansprucht werden. Die Gründung ist dann gegeben, wenn der tragfähige Untergrund tief liegt, und ist mit gutem Erfolg ausgeführt bei Böden, bei denen die oberen Schichten aus Moor, Darg, tonhaltigem Schwemmsand usw. bestehen.

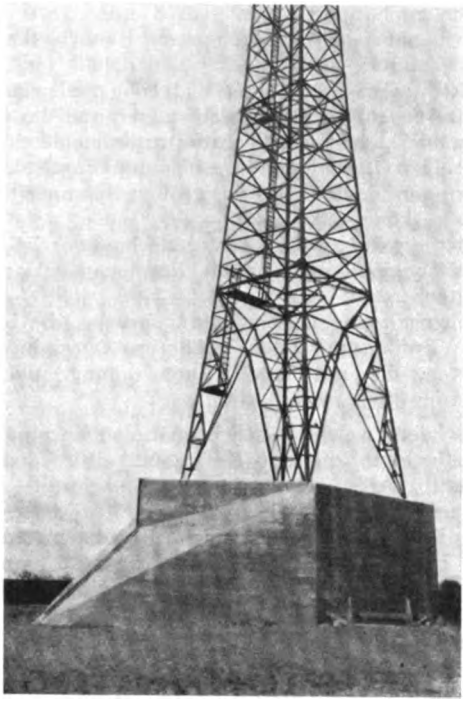


Abb. 11. Gründung einer Flußkreuzung.

Zum Schluß sei hier noch auf eine Fundamentausführung hingewiesen, wie sie bei Flußkreuzungen mit strömendem Hochwasser und Eisdruck öfters vorkommt. Abb. 11 zeigt ein solches Fundament für einen 67 m hohen Tragturm.

Zusammenfassung.

Die im Freileitungsbau verwendeten Mastbauarten aus Holz, Beton und Eisen sind in ihrer Durchbildung entsprechend den äußeren Kräften und Höhen der Maste recht verschieden. Festigkeitseigenschaften und statische Erkenntnisse sind hier richtungweisend. Geschweißte Bauarten werden bei Beachtung der gewonnenen Erkenntnisse und zweckentsprechender Durchbildung auch im Mastbau vermehrten Eingang finden. Die Neuausführung in Rohrgittermasten stellt einen beachtlichen Fortschritt dar. Bei den Gründungen werden außer den meist üblichen Betonblock- und Holzschwellenausführungen, vornehmlich bei ungünstigen Bodenverhältnissen, Einzelfundamente in Flachgründung vermehrt ausgeführt und bei besonders ungünstigen Bodenverhältnissen Pfahlgründungen.

[2]) Nach Ing. F. Klaus, Oldenburg. Über diese Gründung wird demnächst noch ausführlicher berichtet werden.

Digitized by Google

Entwicklung der Seilbauarten und ihre Bewährung im Freileitungsbau.

Von J. Gröbl und H. Glaßer, München.

621. 315. 5

Übersicht. Der Aufsatz zeigt, welchen Anforderungen die Freileitungsseile genügen sollen und wie sich im Hinblick darauf die verschiedenen Seilbauarten entwickelt haben. Unter besonderer Berücksichtigung der Leichtmetallseile wird dargelegt, wie Korrosionen und Schwingungsbrüche möglichst vermieden werden können. Schließlich wird eine neue Bauart von Stahl-Aluminium-Seilen beschrieben.

Freileitungen sollen möglichst folgende Eigenschaften aufweisen:

1. Hohe elektrische Leitfähigkeit, um die Verluste klein zu halten;
2. zweckmäßigen Aufbau, um die Bauarbeiten einfach zu gestalten;
3. Witterungsbeständigkeit und hohe Sicherheit gegen Leiterbruch, um Betriebsstörungen und Beschädigungen durch elektrischen Strom zu vermeiden;
4. geringen Durchhang im verlegten Zustand, um mit geringen Masthöhen bzw. großen Spannweiten arbeiten zu können;
5. entsprechend großen Leiterdurchmesser bei Höchstspannungsanlagen, um die Koronaverluste niederzuhalten;
6. Sicherheit gegen Schwingungsbrüche, die besonders bei Freileitungsseilen größeren Querschnitts auftreten, die mit hoher Zugspannung und großen Spannweiten verlegt sind.

Je nachdem, welches Gewicht man den einzelnen Eigenschaften beilegte und ihre Notwendigkeit erkannte, wurden Leiterbauarten vom massiven Einzeldraht zum ein- und mehrschlägigen Vollseil und bis zu den verschiedensten Hohlseilformen, wurden Leitungen aus Eisen, Kupfer, Bronze, Aluminium, Stahlaluminium und Aldrey verwendet. Hand in Hand mit der Leiterbauart mußte aber die Ausbildung zweckmäßiger Zubehörteile und Verbinder gehen, um den geschaffenen Leiterbauarten die Einführung und Verwendung in der Praxis zu ermöglichen.

Im folgenden ist nun versucht, einen Überblick zu geben, wie sich die Freileitungsseile auf den heutigen Stand entwickelt haben und wie sehr sie und die dazugehörigen Teile den oben aufgestellten Forderungen entsprechen.

Die zuerst verwendeten Leitungen bestanden aus Schwermetall, und zwar aus Eisen, Kupfer oder Bronze. Die Eisenleitungen waren am billigsten, besaßen aber den Nachteil geringer spezifischer Leitfähigkeit, so daß der Querschnitt der Leitung verhältnismäßig hoch gewählt werden mußte, und außerdem ließ sich trotz Verzinkens die Korrosionsanfälligkeit nicht vollständig vermeiden. Als elektrische Energie in immer höherem Umfang und auf immer größere Entfernung übertragen werden mußte, ging man dazu über, statt eines massiven Einzeldrahtes mehrdrähtige Seile zu verwenden. Es entwickelten sich die einschlägigen Seile aus 1 + 6 Drähten, die zweischlägigen Seile aus 1 + 6 + 12 Drähten, später die dreischlägigen (37drähtige) und schließlich auch vierschlägige (61drähtige) Seile. Dabei besaßen sämtliche Drähte gleichen Durchmesser; dies ergab den technisch einfachsten und wirtschaftlichsten Aufbau.

Eine besondere Art von Freileitungsseilen stellen die Hohlseile dar, die den Zweck haben, bei Hochspannungsanlagen von etwa 150 kV und darüber die Koronaverluste durch einen möglichst großen Seildurchmesser zu vermeiden oder zu vermindern. Ihre Ausführungsformen dürften allgemein bekannt sein.

Allen Schwermetallseilen sind die Eigenschaften zu eigen, daß sie eine hohe Zerreißfestigkeit besitzen und eine ziemlich rauhe Behandlung beim Einbau ohne schwere Beschädigung ertragen.

Schon vor und in noch höherem Maße nach dem Weltkrieg verschaffte sich ein neuer Werkstoff, das Aluminium, zunehmende Bedeutung als Leiterstoff, so daß die Freileitungsseile aus Schwermetallen mehr und mehr den Wettbewerb der Leichtmetallseile zu verspüren hatten.

Die Erfahrungen, die von den verschiedensten Werken mit Aluminiumseilen gemacht wurden, waren recht unterschiedlich, so daß noch — zu unrecht! — viele Betriebsleute dem Aluminiumleiter voreingenommen gegenüberstehen. Man darf aber nur die wichtigsten Unterschiede der Aluminiumseile gegenüber den Kupferseilen nicht vergessen und muß sie im Freileitungsbau entsprechend berücksichtigen: Dann sind Aluminiumleitungen ebenso betriebssicher wie Kupferleitungen. Diese Unterschiede sind:

1. Die Dauerzugfestigkeit von Aluminium (12 kg/mm²) liegt viel näher an der im Freileitungsbau verwendeten und zugelassenen Höchstzugspannung (8 kg je mm²) als bei den Kupferseilen (30 kg/mm² gegenüber 12 bis 19 kg/mm²), so daß die Sicherheit gegen Überlastung durch Eis und Rauhreif erheblich niedriger liegt als bei den Kupferseilen.
2. Infolge des leichten Gewichts und der hohen mechanischen Dehnung des Aluminiums sind die Aluminiumleitungen bei gleichen Umständen mit größerem gegenseitigen Abstand zu verlegen als Schwermetalleitungen und wegen der Gefahr des Hochschnellens bei Rauhreifabwurf Abstände senkrecht untereinander zu vermeiden oder ungewohnt groß zu wählen.
3. Die sich immer bildende Oxydhaut ist bei Aluminium elektrisch nichtleitend, so daß bei Verbindungen von Aluminiumleitungen das größte Augenmerk darauf zu richten ist, daß die Verbindungsstellen von Luftzutritt abgeschlossen sind und somit Oxydbildung verhindert wird.

Damit sich also Aluminiumleitungen im Betrieb bewähren, sind folgende Richtlinien zu beachten:

Die Aluminiumseile, hauptsächlich kleineren Querschnitts, dürfen nicht „gefühlsmäßig“ gespannt werden, sondern genau nach den vorgeschriebenen Durchhangswerten, die wiederum so gewählt werden müssen, daß die Höchstbeanspruchung im Seil bei Rauhreif oder niedriger Temperatur den VDE-mäßigen Wert von 8 kg/mm² nicht überschreitet. In Gegenden, in denen mit dem öfteren Auftreten von Rauhreiflasten zu rechnen ist, wird eine Begrenzung der VDE-mäßigen Höchstbeanspruchung auf 7 kg/mm² und noch weniger sich für den Betrieb nur günstig auswirken.

Als zweckmäßiges Mastkopfbild hat sich die Anordnung der Aluminiumleiter nebeneinander erwiesen. Sie bietet hohe Sicherheit gegen Zusammenschlagen der einzelnen Phasen und wird auch im Landschaftsbild am wenigsten störend empfunden.

Die Frage der Zubehörteile kann heute als gelöst betrachtet werden. Die Schwierigkeiten der Verbinderfrage sind durch Kerbverbinder und Rohrstromklemmen vollwertig gelöst; Abzweigklemmen müssen auf Oxydation und Korrosion laufend untersucht werden, doch ist hier die Gefahr nicht so groß, da über derartige Klemmen meistens nur ein Teil des größtmöglichen Leiterstroms abgenommen wird.

Digitized by Google

Bei Verlegung und Ausbesserung von Aluminiumseilen ist ein Hauptgewicht darauf zu verlegen, daß im freien Spannfeld nur Seile gleicher Bauart miteinander gekoppelt werden. Dabei sollen die Seile nicht nur gleichen Aufbau, sondern vor allem gleiche Drallrichtung in den einzelnen Drahtlagen besitzen. Es gibt zu ernsten Betriebsstörungen Anlaß, wenn Seile, deren Außenlage z. B. nach rechts geschlagen ist, mit Seilen entgegengesetzt geschlagener Außenlage verbunden werden. Wird nämlich ein aus Einzeldrähten aufgebautes Seil unter Zugspannung gesetzt, so treten in den einzelnen Drahtlagen infolge der korkzieherähnlichen Windungen der Einzeldrähte Drehmomente auf, denen, falls sie sich nicht auf Grund einer besonderen Bauart gegenseitig aufheben, äußere Momente an den Enden des Seiles die Waage halten müssen. Ist nun an das eine Ende ein Seil mit entgegengesetzter Schlagrichtung gekoppelt, so ist dessen äußeres Drehmoment grundsätzlich entgegengesetzt gerichtet, an der Verbindungsstelle jedoch gleichgerichtet. Diese Tatsache ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß bei einem Seil die äußeren Drehmomente am vorderen und hinteren Seilende entgegengesetzte Drehrichtung aufweisen. Dadurch kann sich das Seil, ähnlich wie in einem Kugellager, aufdrehen, so daß die äußeren Lagen sich aufdrehen und verlängern und die inneren Seillagen zugedreht und dadurch verkürzt werden. Die Folge davon ist aber eine Belastungsverlagerung im Seil, daß die durch die Seildrehung hervorgerufenen Längenänderungen in den einzelnen Seillagen durch elastische Verkürzungen oder Dehnungen des Werkstoffs ausgeglichen werden, die wiederum durch mechanische Entlastung oder zusätzliche Belastung hervorgerufen werden. Auf diese Weise wird eine Überlastung der inneren Seillage eintreten, so daß, wie schon beobachtet, das Seil bei einer Belastung reißt, die weit unterhalb der vorgeschriebenen Seilfestigkeit liegt.

Ähnliche Vorgänge treten auch auf, wenn beim Auszug oder Spannen von Aluminiumseilen ein Spannseil verwendet wird mit einer dem Aluminiumseil entgegengesetzten Schlagrichtung.

Die Beobachtung dieses Übelstandes führte zur Entwicklung der drehungsfreien Seile, sowohl in Aluminium als auch in Kupfer, bei denen der Querschnitt und die Schlaglängen der einzelnen Seillagen derart aufeinander abgestimmt sind, daß sich ihre Drehmomente bei allen Belastungen aufheben. Diese Seile werden dreilagig ausgeführt, wobei die beiden inneren Seillagen mit gleicher Drallrichtung und mit Drähten größeren Durchmessers ausgeführt werden als die dritte äußere Lage. Dadurch, daß die Drähte der äußeren Seillage verhältnismäßig kleinen Durchmesser besitzen, wird gleichzeitig eine Erhöhung der Sicherheit gegen Seil-Schwingungsbrüche, von denen im nachfolgenden die Rede sein wird, erreicht.

Da, wie oben erwähnt, die Sicherheit der Aluminiumseile gegen Überlastung durch Zusatzlasten nicht sonderlich hoch liegt und anderseits die Grenzspannweite dieser Seile die im Freileitungsbau oft notwendigen Spannweiten nicht zuläßt, sah man sich gezwungen, auch andere Leichtmetallseile höherer Festigkeit zu verwenden. Das Stahlaluminiumseil, ein Seil, dessen Seelendraht oder Kern aus Stahl besteht, war im Ausland der hauptsächlichste Vertreter der Leichtmetallseile, in Deutschland war dieser Leiter erheblich weniger verbreitet.

Die teilweise vor dem Weltkrieg gebauten Stahlaluminiumleitungen sind heute noch im Betrieb, und die Bewährung dieser Seile muß als gut angesprochen werden. Schwierigkeiten machten nur die Abspannklemmen und Verbinder, wie sie bis vor kurzem allgemein üblich und auf dem Markt waren.

Beim Einbau dieser Klemmen und Verbinder waren besonders damit vertraute Fachleute notwendig, von deren zuverlässiger Arbeit der Leitungsbauer in hohem Maße abhängig war; Korrosionserscheinungen an den Abspannklemmen und Verbindern, die Sorge, daß ganz allgemein zwischen dem Stahl und den Aluminiumdrähten Korrosionen auftreten könnten, dies alles mag der Grund gewesen sein, daß Stahlaluminiumseile in Deutschland verhältnismäßig wenig verbreitet waren.

Heute liegen die Verhältnisse anders oder sind weitgehend geklärt. In den beiden letzten Jahren wurden Abspannklemmen geschaffen, die beim Leitungsbau keinerlei Schwierigkeiten machen und bei denen die Aluminiumdrähte des Seiles durch die Abspannklemmen hindurchgeführt sind, so daß eine Korrosion in der Abspannklemme nicht mehr auftreten kann[1]). Auch die Verbinderfrage ist gelöst, da es gelungen ist, Aluminiumdrähte luftdicht mit der Aluminiumwandung des Verbinders zu verpressen und gleichzeitig die Stahldrähte mit ihrer vollen Festigkeit zu halten. Ferner haben Untersuchungen von langjährig im Betrieb befindlichen Stahlaluminiumseilen ergeben, daß die Befürchtungen einer Korrosion zwischen dem Stahlseil und den Aluminiumdrähten unbegründet sind, zumal wenn das Stahlseil bei der Herstellung mit einwandfreiem Fett umgeben wird. Die Kräfteverteilung bei den Stahlaluminiumseilen ist ebenfalls geklärt: Es hat sich gezeigt, daß bei den üblichen Stahlaluminiumseilen die Höchstzugspannung den Wert von 11 kg/mm² nicht übersteigen darf und bei den größeren Querschnitten unterhalb dieser Grenze bleiben muß, um eine unzulässig hohe Beanspruchung der Aluminiumdrähte bei den kritischen Belastungen zu vermeiden.

Somit bietet heute trotz seiner Zusammensetzung aus zwei so ungleichen Metallen wie Stahl und Aluminium für den Freileitungsbauer das Stahlaluminiumseil keine Schwierigkeiten mehr; durch die hohe Bruchsicherheit ist es vielmehr bestimmt, ein vollwertiger Ersatz für die Schwermetalleiter zu werden.

Als jedoch diese Fragen noch nicht so geklärt waren und vor einigen Jahren die neue Aluminiumlegierung Aldrey auf den Markt kam, da wurde sie in Fachkreisen lebhaft begrüßt. Glaubte man doch einen einheitlichen Leiterstoff gefunden zu haben, der bei nahezu doppelter Dauerzugfestigkeit wie Reinaluminium und ähnlich hoher Leitfähigkeit das gleich niedere Gewicht hatte und somit rechnerisch Spannweiten zuließ, die bisher bei gleichen Masthöhen mit keinem anderen Leiterstoff erreicht werden konnten. Eine Höchstzugbeanspruchung von 12 bis 14 kg/mm² wurde als durchaus zulässig angesehen. Die Erfahrungen, die mit derart verlegten Seilen gemacht wurden, lenkten jedoch die Sorge des Freileitungsbauers auf ein neues Gebiet, auf die Sicherung der Freileitungen gegen Schwingungsbrüche. Es ergab sich nämlich, daß diese Aldreyleitungen nach kurzer Betriebszeit an den Tragklemmen ohne ersichtlichen Grund brachen und dadurch große Schwierigkeiten verursachten. Die umfassenden Untersuchungen ergaben jedoch, daß diese Erscheinung nicht nur bei Aldreyseilen auftritt, sondern allgemein bei den Freileitungen zu finden ist, mögen sie aus Aluminium, Kupfer oder sonstigem Baustoff bestehen; es ist nur ein Unterschied in der Häufigkeit und in der Zeit festzustellen, nach der Schwingungsbrüche an den einzelnen Freileitungen zu finden sind.

Die Beobachtung ergab, daß infolge gleichmäßiger Luftströmungen die Freileitungsseile in kleine Schwingungen versetzt werden, deren Ausschläge um so größer sind, je größer Seildurchmesser und Seilspannung gewählt sind. Diese Schwingungen bedeuten für den Baustoff zusätzliche Wechselbelastungen, die mit der Zeit das Seil an den meistbeanspruchten Stellen zermürben und zu Bruch gehen lassen.

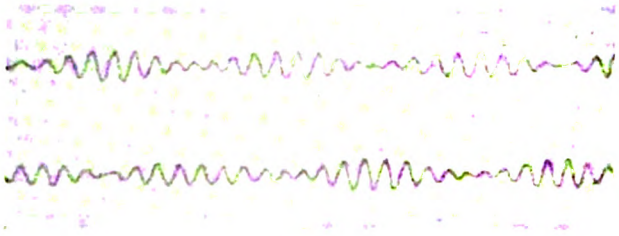
Die Untersuchungen der Bayernwerk AG. an über 25 000 Tragklemmen zeigten, daß größere Querschnitte mehr gefährdet sind als die kleineren, daß ein dickdrähtiges Seil mehr Schwingungsbrüche aufweist als dünndrähtiges, und daß ein Kupferseil ebenso gefährdet ist wie ein Aluminiumseil gleichen Querschnitts und gleicher

[1]) Vgl. P. Perlick S. 1398 dieses Heftes.

Digitized by Google

Drahtzahl, dagegen weniger gefährdet als ein leitwertgleiches Aluminiumseil. Ausländischen Berichten zufolge wurden derartige Schwingungsbrüche auch an Stahlseilen und Stahlaluminiumseilen beobachtet, so daß rein statistisch kein Leiterstoff von Schwingungsbrüchen verschont blieb.

Um die Sicherheit gegen Schwingungsbrüche an den Freileitungsseilen zu erhöhen, gibt es verschiedene Wege. Es wurde beobachtet, daß nicht alle Freileitungen Schwingungsbrüche aufwiesen. In hügeligem Gelände ist die Ausbildung gleichmäßiger Luftströmungen sehr erschwert. Verläuft die Leitungsrichtung ziemlich parallel zur vorherrschenden Windrichtung, so können ebenfalls fast keine



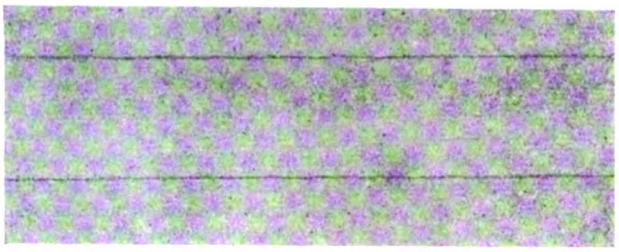
Stahlaluminiumseil Nr. 95 $\frac{Q_{Stahl}}{Q_{Alu}} \cong \frac{1}{6}$; $s = 100$ m

$\sigma \cong 470$ kg/cm² $\frac{V_{Stahl}}{V_{Alu}} \cong \frac{1}{1}$; $v = 280$ cm/s

$V_{Stalu} \cong 30 \sim s$

Abb. 1a. Normalseil.

Seilschwingungen auftreten. Diese mehr zufälligen Schutzmittel, die nur selten bei einer Leitungsplanung eingehalten werden können, werden noch ergänzt durch die Wahl einer geringeren Höchstzugspannung oder Anbringung zusätzlicher Einrichtungen an den Seilen, die entweder das Seil an den gefährdeten Stellen verstärken oder die Schwingungen vernichten sollen.



Stahlaluminiumseil Nr. 95 $\frac{Q_{Stahl}}{Q_{Alu}} \cong \frac{1}{6}$; $s = 100$ m

$\sigma \cong 600$ kg/cm² $\frac{V_{Stahl}}{V_{Alu}} \cong \frac{3{,}2}{1}$; $v = 280$ cm/s

$V_{Stalu} \cong 0$

Abb. 1b. Selbstdämpfendes Seil.

Diesen Anordnungen haften jedoch die verschiedensten Nachteile an: Eine geringere Verlegungsspannung der Seile bedingt höhere Maste mit größeren Ausladungen oder geringere Spannweiten, wodurch die Leitungsbau- und Betriebskosten merklich erhöht werden; die Anbringung zusätzlicher Geräte verlängert und verteuert die Bauzeiten, zumal bei Betriebsstörungen; ihre Überprüfung und Instandhaltung verursachen mit der Zeit ebenfalls erhebliche Kosten.

Eine wesentliche Änderung kann hier die selbstdämpfende Seilbauart bringen, wie sie unabhängig voneinander in Deutschland (Bayernwerk AG.) und in der Schweiz (Aluminium-Industrie AG. Neuhausen) gefunden wurde. Sie bietet bei Stahlaluminiumseilen neben einer besseren Ausnutzung des Stahls eine Gewähr dafür, daß Seilschwingungen nur in ungefährlichem Maße auftreten können, so daß mit dieser Seilart beliebige Querschnitte und auch große Spannweiten mit voller Sicherheit in Betrieb gehalten werden können.

Während bei den üblichen Stahlaluminiumseilen sich die Aluminiumdrähte fest auf das Stahlkernseil abstützen und mit einem viel höheren Prozentsatz ihrer Dauerzugfestigkeit als die Stahldrähte beansprucht sind, ist bei den selbstdämpfenden Stahlaluminiumseilen das Kernseil aus Stahl von einer Lage Aluminiumdrähten umgeben, genannt Rohrschlag, der sich selbst abstützt und das Stahlseil mit einem kleinen Zwischenraum umhüllt. Durch die Verwendung von etwas stärkeren Drähten für den Rohrschlag als für die nächstfolgende Drahtlage und durch die Wahl einer auf etwa die Hälfte verkürzten Schlaglänge hält der sich selbst stützende Rohrschlag auch robusten Beanspruchungen stand.

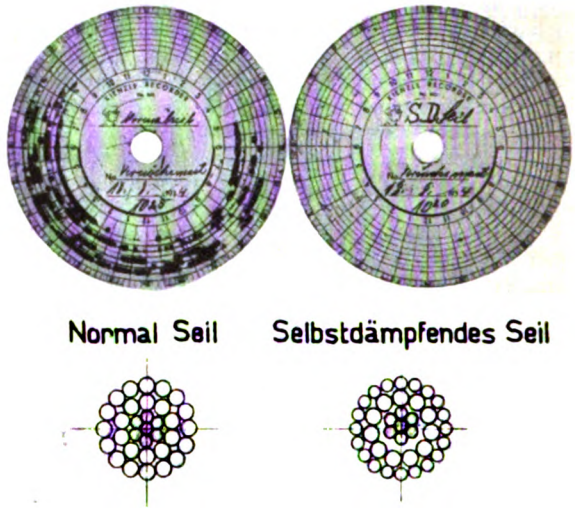


Abb. 2. Schwingungen an einem ungedämpften und einem selbstdämpfenden Stahlaluminiumseil.

Bei der Verlegung und Einregelung des Seiles kann nun die Seilbelastung zwischen Stahlseil und Aluminiumseil infolge des vorhandenen Zwischenraumes in weiten Grenzen aufgeteilt werden, so daß die Dauerzugfestigkeit beider Werkstoffe viel besser ausgenutzt ist und die tatsächliche Dauerzugfestigkeit des gesamten Seiles und damit die Sicherheit im Freileitungsbau höher liegt als bei den üblichen Stahlaluminiumseilen.

Ferner wird das Auftreten von gefährlichen Seilschwingungen vermieden: Wollen sich infolge von gleichmäßigen Luftströmungen im Aluminiumseil Schwingungen aufschaukeln, so schlägt dieses in der Nähe der Aufhängepunkte, wo es sich um die Größe des vorhandenen Zwischenraumes frei nach oben und unten bewegen kann, sehr bald gegen das Stahlseil und sucht dieses ebenfalls in Schwingungen zu versetzen. Da jedoch das Stahlseil infolge der gewählten Belastungsverteilung andere Schwingungseigenschaften aufweist als das Aluminiumseil, so stören sich die Schwingungen beider Seilteile und dämpfen sich gegenseitig stark ab. Auf diese Weise sind die gefährlichen Wechselbeanspruchungen von den schon an und für sich nur mit geringem Zug belasteten Aluminiumdrähten ferngehalten. Da die Schwingungsabdämpfung durch das Gegeneinanderstoßen der beiden Seilteile nicht an einer einzigen, sondern an sehr zahlreichen Stellen eines Spannfeldes erfolgt, ist die Gewähr gegeben, daß eine Beschädigung der Aluminiumdrähte durch Verklopfen nicht eintritt.

Digitized by Google

Die Abb. 1 a, 1 b und 2 zeigen Schwingungsaufnahmen von normalen und selbstdämpfenden Seilen bei gleichen Verhältnissen.

Der Einbau des selbstdämpfenden Seiles unterscheidet sich von dem fachgemäßen Verlegen von normalen Seilen so gut wie nicht. Die Abspannklemmen sind derart gebaut, daß sämtliche Teile nachträglich am gespannten Seil aufgesetzt und befestigt werden können, so daß ein

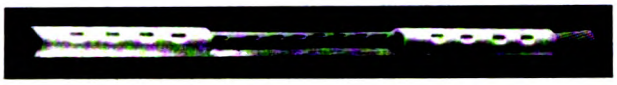


Abb. 3. Doppelrohrverbinder von Stahlseilen, teilweise aufgeschnitten.

mehrmaliges Abfangen des Seiles beim Einbau vermieden wird. Das Aluminiumseil wird beim Klemmeneinbau aufgeflochten und außerhalb des Stahlseiles wieder zusammengeflochten, so daß es ohne Unterbrechung durch die Abspannklemme hindurchläuft. Für Verbindungen kommen der Doppelrohrverbinder (Abb. 3) und der Falzverbinder in Frage[2]).

Das selbstdämpfende Stahlaluminiumseil samt den neuentwickelten Armaturen ist beim Bau von 100 kV-Freileitungen schon mehrmals von der Bayernwerk AG. verwendet worden, so daß ausreichende Bauerfahrungen vorliegen. Es wurden Stahlaluminiumseile von 165 mm² Aluminiumquerschnitt mit 11 kg/mm² Höchstzugspannung verlegt, das eine Mal mit einer größten Spannweite von 350 m und einer durchschnittlichen Spannweite von 323 m, das andere Mal mit einer durchschnittlichen Spannweite von 210 m, so daß mit der geringen Masthöhe von 12 bis 14 m auszukommen war. Eine 56 km lange 100 kV-Freileitung, belegt mit Stahlaluminium 120 mm² wird zur Zeit gebaut, wobei die größte Spannweite 360 m und die durchschnittliche 252 m beträgt.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Entwicklung im Freileitungsbau in Deutschland auf die Verwendung von Stahlaluminium-Seilen hindrängt und frühere Schwierigkeiten, die bei Verwendung dieser Seile auftraten, nunmehr als behoben angesehen werden dürfen. Berücksichtigt man in der Auswahl der Zubehörteile, der Verlegungsspannung und des Mastkopfbildes die aufgezeigten Richtlinien, so ist mit den vorhandenen Leichtmetallseilen eine dauerhafte und betriebssichere Freileitung auszuführen, die einer Freileitung mit Schwermetallseilen nicht nachsteht.

[2]) Vgl. J. Nefzger auf S. 1394 dieses Heftes.

Isolatoren für Freileitungen.

Von W. Weicker VDE, Hermsdorf i. Thür.

621. 315. 62

Übersicht. Die Gesichtspunkte, die bei der Wahl von Freileitungsisolatoren verschiedenen Verwendungszweckes und verschiedener Spannungshöhe sich besonders wichtig gezeigt haben, werden behandelt und die hiernach vorzugsweise verwendeten Isolatorbauarten besprochen.

Üblicherweise werden Freileitungsisolatoren in solche für Schwachstromleitungen, Starkstrom-Niederspannungsleitungen und Hochspannungsleitungen unterteilt, wobei man letztere noch in solche für Mittelspannungs- und Hochspannungsnetze unterscheiden könnte. Über die beiden erstgenannten Isolatorenarten (Schwachstromisolatoren für Fernmeldeleitungen und Starkstromisolatoren unter 1000 V) kann die Entwicklung wohl als ziemlich abgeschlossen angesehen werden[1]). Für Starkstromfreileitungen, besonders auch im Ortsnetzbau, sind die genormten Stützenisolatoren nach DIN VDE 8010 und 8011 bestimmt. Diese Isolatoren haben sich wohl ziemlich allgemein eingeführt, zumal sie schon äußerlich die Starkstromfreileitungen von den Fernmeldeleitungen unterscheiden. Anderseits sind sie gegenüber den Hochspannungsisolatoren noch durch ihre weiße Farbe gekennzeichnet, während sich für Hochspannungsisolatoren in Deutschland allgemein die auch in den entsprechenden DIN-Normblättern empfohlene braune Farbe durchgesetzt hat. — Bei dieser Gelegenheit sei einer eigentümlichen Erscheinung gedacht, die in verschiedenen Anlagen, ganz gleich, ob für Gleich- oder Drehstrom und unabhängig von der Höhe der Spannung, beobachtet worden ist. Es betrifft dies die in Abb. 1 sichtbaren Anfressungen der eisernen Stütze unterhalb des Isolators[2]). Wenngleich eine ganz eindeutige Erklärung hierfür noch nicht gefunden ist, dürfte diese Erscheinung wahrscheinlich mit verstärkter Rostbildung in dem windgeschützten Hohlraum unterhalb der inneren Porzellanhülse zusammenhängen.

[1]) Die Schwachstromisolatoren sind in den Normblättern DIN VDE 8018, 8019 und 8020 in verschiedenen Größen festgelegt.

[2]) Vgl. a. Elektr.-Wirtsch. 21 (1922) S. 22; Hescho-Mitt. (1927) H. 31, S. 42.

Für die Prüfung und Abnahme von Isolatoren für Fernmeldefreileitungen werden gegenwärtig vom VDE in Zusammenarbeit mit Reichspost- und Reichsbahnbehörden einheitliche Vorschriften ausgearbeitet, die kurz vor dem Abschluß stehen. Für Hochspannungsisolatoren gelten zur

Abb. 1. Stützenisolator, ähnlich N 80 mit starken Anfressungen der eisernen Stütze, aus einer Ortsnetzleitung des Kraftwerkes Sachsen-Thüringen AG., Auma.

Zeit noch die „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an" VDE 0446/1929, die jedoch demnächst überarbeitet und den neuen internationalen Bestimmungen angeglichen werden sollen.

Im übrigen hat die Entwicklung der Hochspannungsisolatoren in den letzten Jahren einen gewissen Abschluß erreicht. Sie ist wohl am meisten gekennzeichnet durch das Bestreben, die Durchschlagsicherheit der Isolatoren immer mehr zu erhöhen. Denn wenn es auch, insbesondere durch den sachgemäßen Einbau von Erdseilen und die Besserung der Masterdungen[3]) wie auch durch andere Mittel in neuerer Zeit gelungen ist, die Gewitter-

[3]) Vgl. u. a. Grünewald u. Zaduk, ETZ 57 (1936) S. 1079, ferner auch Grünewald, S. 1373 dieses Heftes.

Digitized by Google

sicherheit der Freileitungen wesentlich zu erhöhen, so bleibt der Einbau möglichst durchschlagsicherer Isolatoren nach wie vor als wichtigste Forderung bestehen. Die Erhöhung der Überschlagsicherheit tritt demgegenüber, ausgenommen Gebiete mit besonderer Verschmutzungsgefahr u. dgl., ziemlich zurück. Im Gegenteil sind teils aus wirtschaftlichen Gründen, teils im Interesse einer sinngemäßen Abstufung des Sicherheitsgrades der Freileitung gegenüber den Stationen vielfach Bestrebungen im Gange, den Sicherheitsgrad der Freileitung nicht zu hoch zu wählen. Von der in § 11 der „Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber" L.S.G. 0111/1932 vorgesehenen Freistellung, für die Isolatoren der Freileitung die mildere Formel 1,1 $(2\,U + 10)$ kV für die Min-

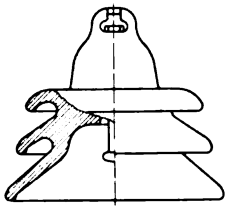


Abb. 2. Verschmutzungssicherer Kettenisolator mit verhältnismäßig großem Kriechweg und leichter Reinigungsmöglichkeit durch Wind und Wetter.

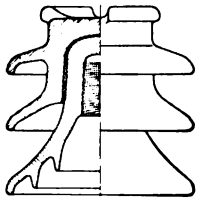


Abb. 3. Schwedischer Stützenisolator mit gleichgroßen Mänteln zur Verlängerung des Kriechweges und Erhöhung der Überschlagsicherheit.

destregen-Überschlagspannung an Stelle der allgemeinen Formel 1,1 $(2{,}2\,U + 20)$ kV zugrunde zu legen, wird daher, besonders in Mittelspannungsnetzen, immer mehr Gebrauch gemacht, und anscheinend auch mit recht gutem Erfolg. Erleichtert wird dies dadurch, daß die zuständigen DIN-Normblätter 8002 bis 8005, welche die gebräuchlichsten Stützenisolatoren der Reihen HD und HW sowie VHD und VHW enthalten, diesen beiden Formeln entsprechend von vornherein zwei verschiedene höchstzulässige Nennspannungen für jeden Isolator aufführen.

Nur in Gegenden, in denen eine starke Verschmutzung der Isolatoren durch Ruß, Chemikalien, Salzniederschläge in der Nähe des Meeres u. dgl. zu erwarten ist, muß diesem Gesichtspunkt besonders Rechnung getragen werden. So sind hierfür in den letzten Jahren eine ganze Reihe sog. verschmutzungssicherer Isolatoren entwickelt worden, die sich beispielsweise durch eine möglichst glatte Form auszeichnen, um dem Wind und Wetter zwecks selbsttätiger Reinigung möglichst freien Zutritt zu gewähren. Bei anderen Formen ist angestrebt, sofern es sich um klebrige, leicht anbackende Schmutzbestandteile handelt, die Überschlagsicherheit durch möglichst langgezogene, den Kriechweg verlängernde Rippen und entsprechend tiefe Hohlräume zu erhöhen. Gewissermaßen eine Vereinigung beider Gesichtspunkte stellen die Kettenisolatoren nach Abb. 2 dar, die auch vielfach mit bestem Erfolg eingebaut worden sind. Auch bei Stützenisolatoren sind für die Formgebung der Mäntel ganz ähnliche Gesichtspunkte maßgebend gewesen. Erwähnt seien in diesem Zusammenhange die in Schweden von der Königl. Wasserfallbehörde entwickelten Stützenisolatoren nach Abb. 3. Diese sind außerdem so gebaut, daß jeder der beiden zusammengehanften Isolatorteile für sich imstande ist, bei etwaiger Zerstörung des anderen Teiles die volle Betriebspannung zu isolieren.

Im übrigen ist die Sprunggefahr mehrteilig gekitteter Isolatoren, die vor einer Reihe von Jahren eine so bedeutende Rolle spielte, immer mehr zurückgetreten, seitdem man sich darüber klar geworden ist, daß nicht die Kittung der Isolatoren an sich, sondern nur die starre Kittung wegen des verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Porzellan und Zement Schuld an den verhängnisvollen Sprüngen trug. Infolgedessen ist auch die Art des Zusammenbaues mehrteiliger Stützenisolatoren, nämlich ob nach dem Kitt- oder nach dem Zusammenhanfverfahren hergestellt, nicht von entscheidendem Einfluß. Wichtig ist nur, daß wirklich eine nachgiebige Verbindung gewählt wird und Gewähr dafür besteht, daß das Verbindungsmittel sich auch bei den höchsten vorkommenden Temperaturen frei ausdehnen kann, ohne eine nachteilige Sprengkraft auf den Porzellankörper auszuüben. Die Richtigkeit dieser Tatsache wird durch die ausgezeichneten Erfahrungen bestätigt, welche mit nachgiebig gekitteten Stützenisolatoren schon seit über 25 Jahren gemacht worden sind. Auch mehrteilig zusammengehanfte Isolatoren, von denen eine einzige große Porzellanfabrik seit 1921 mehr als 300 000 Stück geliefert hat, haben sich eben wegen ihrer gewissen Nachgiebigkeit, die dabei aber doch einen vollkommen festen Zusammenbau der einzelnen Teile gewährleistet und selbst große seitliche Leitungszüge zuläßt, vorzüglich bewährt.

Bei dieser Beherrschung des Zusammenbaues mehrteiliger Isolatoren und dem Wunsche möglichst hoher Durchschlagsicherheit sollten, wie man annehmen könnte, einteilige Isolatoren eigentlich ziemlich bedeutungslos geworden sein, zumal, wie oben angedeutet, die Vorteile eines mehrteiligen Isolators auch in anderer Hinsicht unverkennbar sind. Indessen bestand vor einigen Jahren oder Jahrfünften, als die Gefahr der Durchschläge starr zusammengekitteter Isolatoren immer größer wurde und der Ruf nach einem durchschlagsicheren Isolator immer lauter erscholl, anderseits noch das Zutrauen zu den auf andere Weise vereinigten mehrteiligen Isolatoren fehlte, tatsächlich ein dringendes Bedürfnis nach einem durchschlagsicheren einteiligen Isolator. Erreicht wurde dies damals (1925) durch die auf eine Anregung von Herrn Sieber[4]), Kassel, zurückzuführende Schaffung der „verstärkten" Stützenisolatoren, bei denen das Stützenloch nicht bis in den Kopf des Isolators geführt ist, sondern schon etwa in der Höhe des oberen Mantels endet (Abb. 4).

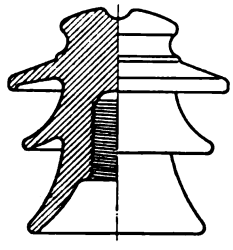


Abb. 4. „Verstärkter" Stützenisolator.

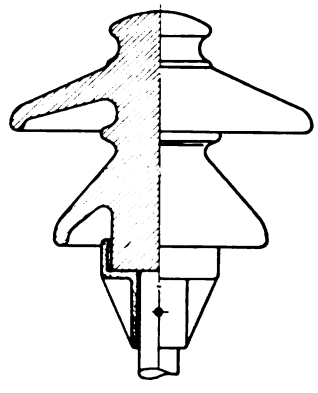


Abb. 5. Vollkern-Stützenisolator.

Es ergibt sich hierdurch ein, allerdings etwas auf Biegung beanspruchter starkwandiger Kopf, der sich tatsächlich als außerordentlich durchschlagsicher erwiesen hat. Jedenfalls haben diese seit 1930 genormten Stützenisolatoren der Reihen VHD und VHW, die einteilig nach DIN VDE 8004 und 8005 für Betriebsspannungen bis 35 kV, und darüber hinaus jetzt bis zu den größten Abmessungen für 50 oder 60 kV Betriebsspannung hergestellt werden, ganz außerordentliche Verbreitung gefunden und sich vorzüglich bewährt.

Als vollkommen durchschlagsicher ist aber eigentlich nur ein solcher Isolator zu betrachten, bei dem der Durchschlagweg durch das Porzellan etwa gleich dem Übergangsweg außen um den Isolator ist. Dies ist bei den Vollkern-Stützenisolatoren nach Abb. 5 erreicht, denen höchstens der kleine Mangel anhaftet, nur bis zu bestimmten seitlichen Leitungszügen verwendbar zu sein. Im übrigen haben Vollkernisolatoren, das heißt Isolatoren, die nur aus einem massiven Stück Porzellan mit oben und unten befestigter Kappe bestehen, in der Hauptsache als Ketten-

[4]) W. Weicker: Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik, Bd. 3, S. 17; Berlin: Julius Springer 1932.

Digitized by Google

isolatoren Bedeutung erlangt. Dies führt zur grundsätzlichen Behandlung der Frage von Stützen- oder Kettenisolatoren.

Die Hauptvorzüge der Kettenisolatoren sind ja allgemein bekannt: leichte Lagerhaltung, Unterteilung der Spannung auf einzelne Isolatorglieder, hohe Überschlag- und Durchschlagsicherheit, nur geringe Überbrückungsgefahr durch Zweige, Vögel u. dgl., Ermöglichung großer Spannweiten, leichte Auswechselbarkeit beschädigter Glieder und bequeme Verstärkung der Isolation durch Hinzufügen weiterer Glieder; weiter der Vorteil, daß die Leitung nicht unmittelbar am Isolator befestigt ist, und die Entlastung des Mastes vom vollen Seilzug bei Bruch der Leitung. Sie haben heute noch dieselbe Geltung wie bei Einführung der Kettenisolatoren vor rd. 25 Jahren. Auch die verschiedenen Ausführungsarten von Kettenisolatoren, nämlich Kappen-, Schlingen- und Vollkernisolatoren, bestehen noch genau wie seinerzeit. Allerdings sind, wenigstens in Deutschland, die Schlingen-(Hewlett-)Isolatoren immer mehr zurückgetreten, so daß sie bei der Normung der Kettenisolatoren (auch wegen tunlichster Beschränkung der Zahl zu normender Isolatoren) ausgeschlossen wurden.

Auf die verschiedenen Ausführungsarten der Kappen isolatoren braucht an dieser Stelle wohl nicht näher eingegangen zu werden. Nachdem sich die starr gekitteten Kettenisolatoren aus den bereits oben bei Stützenisolatoren angeführten Gründen nicht bewährt hatten, und das Vertrauen zu den nachgiebig gekitteten Kappenisolatoren infolge ihrer damals noch zu kurzen Bewährungszeit mangelte, ging man in Deutschland zu „kittlosen" Isolatoren über, indem man gleichzeitig die mechanische Festigkeit der Isolatoren, wohl nicht immer zu ihrem Vorteil, möglichst zu erhöhen suchte. Die hiermit und mit verschiedenen anderen Umständen zusammenhängenden weniger günstigen Erfahrungen der letzten Jahre haben die Kappenisolatoren, wenn auch vielleicht unbegründet, etwas in Mißkredit gebracht. Jedenfalls sind vielfach an Kappenisolatoren, besonders da, wo der Klöppel unter Zuhilfenahme einer der vielen hierfür vorgeschlagenen und geschützten Abstützbauarten mittels Bleiausgusses im Inneren des Isolators befestigt war, Störungen aufgetreten, die eine regelmäßige Untersuchung der Isolatoren im Betrieb, z. B. mittels Meßstange, Megohmmeter, Funkeninduktor oder einer anderen Meßvorrichtung erforderlich machten.

In diesem Zusammenhange möge, nachdem inzwischen genügend lange Betriebserfahrungen vorliegen, auch auf das Verhalten nachgiebig gekitteter Kappenisolatoren zurückgekommen werden. Besonders wertvoll ist in dieser Beziehung ein kürzlich erschienener zusammenfassender Bericht von W. Borgquist[5]) über die bei der Königl. Wasserfallbehörde, Stockholm, gemachten Betriebserfahrungen.

Hierin werden insgesamt 395 000 Kettenisolatoren, die sich auf dreizehn verschiedene Ausführungsarten verteilen, behandelt und nach ihrer Ausfallhäufigkeit, d. h. der in einem Jahr von je 100 Stück als schadhaft befundenen Anzahl, miteinander verglichen. Dabei ist bemerkenswert, daß die nachgiebig gekitteten Isolatoren, die größtenteils deutschen Ursprungs sind, eine überraschend niedrige Ausfallziffer zeigen; z. B. die aus dem Jahre 1914 stammenden 70 000 Hängeisolatoren der Porjus- und Älfkarleby-Leitung nur 0,05 %, und auch die zugehörigen 12 500 Abspannisolatoren deutschen Ursprungs nur 0,4 % bzw. 1,5 %. Ähnlich niedrige Ausfallziffern (0,03 %) zeigen 65 000 gekittete Isolatoren fremder Herkunft aus dem Jahre 1919 und 9000 gekittete deutsche Isolatoren der Untratype mit 0,27 % aus dem Jahre 1921. Selbst die überhaupt ersten seinerzeit für eine europäische Anlage (Trollhättan-Kraftwerk) im Jahre 1909 gelieferten 5400 deutsche Hängeisolatoren der Deltatype sind, wenn auch jetzt in einer weniger wichtigen Anlage und für nicht allzu hohe mechanische Belastung eingebaut, noch heute in Betrieb und zeigen nur eine Ausfallhäufigkeit von 0,44 %!

Diese Erfahrungen beweisen, daß sich gekittete Isolatoren, wenn nur bei ihrem Zusammenbau auf die verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten der zu vereinigenden Werkstoffe entsprechend Rücksicht genommen wird und in mechanischer Hinsicht keine übertriebenen und betrieblich kaum bedingten Anforderungen an die Isolatoren gestellt werden, im Dauerbetrieb durchaus bewähren.

Um die Vorzüge sowohl der Kappen- wie der Vollkernisolatoren nutzbringend zu verwenden, sind vor einer Reihe von Jahren in verschiedenen Anlagen „gemischte" Ketten eingebaut worden, die aus beiden Isolatorenarten zusammengesetzt waren. Dabei wurde der Vollkernisolator als besonders durchschlagsicherer Isolator entweder an die Stelle der größten elektrischen Beanspruchung (unterstes Glied der Kette) oder mit Rücksicht auf seine kleine Eigenkapazität und damit günstigen Spannungsverteilung der Kette an die oberste Stelle gehängt. Nachdem heute wohl als sicher gelten kann, daß die Verteilung der Spannung auf die einzelnen Glieder wenigstens bei Betriebsfrequenz unmittelbar vor dem Überschlag ziemlich gleichmäßig ist[6]), spielen derartige Gesichtspunkte nur eine untergeordnete Rolle und gemischte Ketten werden daher heute wohl kaum noch verwendet. Hinzu kommt, daß nach neueren Untersuchungen[7]) auch die hochfrequente Störfähigkeit durch die Verwendung verschiedenartiger Isolatoren in ein und derselben Kette ungünstig beeinflußt wird.

Unter den bei der ersten Normung von Kettenisolatoren im Jahre 1929 vorgesehenen verschiedenen Größen von Kappenisolatoren hat sich, besonders in Deutschland, die mittlere Größe K 3 mit 280 mm Tellerdurchmesser und 170 mm Baulänge wohl bei weitem am besten eingeführt. Neben diesem „Normalisolator" haben, besonders für Mittelspannungsnetze, die wohl fast nur in Deutschland gebräuchlichen Klein-Kettenisolatoren weiteste Verbreitung gefunden. Sie sind sowohl als Vollkern-, wie auch als Kappenisolatoren durchgebildet und zeichnen sich außer ihrem kleinen Gewicht auch durch die schwächeren Armaturen (11 mm statt 16 mm Klöppeldurchmesser) aus. Infolgedessen werden sie für Abspannpunkte mit Vorteil auch in solchen Anlagen eingebaut, die im übrigen mit Stützenisolatoren ausgerüstet sind. Die früher viel erörterte Frage[8]), ob für Tragmaste in Mittelspannungsnetzen Stützen- oder Klein-Kettenisolatoren zweckmäßiger sind, wird nur von Fall zu Fall nach wirtschaftlichen oder betrieblichen Gründen entschieden werden können. Zugunsten der Klein-Kettenisolatoren sprechen außer den allgemein für Kettenisolatoren gültigen Gesichtspunkten vor allem ihre größere Gewittersicherheit, besonders die der Vollkernisolatoren, wobei allerdings auch die Stationsisolation und die gegenseitige Abstufung des Sicherheitsgrades nicht außer acht zu lassen ist.

Wenn heute die Durchschlagsicherheit der Isolatoren immer mehr in den Vordergrund gestellt zu werden pflegt, so sollte dabei der Baustoff der Maste ebenfalls mit berücksichtigt werden. Maste mit geringem Eigenwiderstand (wie Eisenmaste oder noch nicht völlig ausgetrocknete Betonmaste) werden natürlich eine stärkere Gefährdung bedingen, als Maste mit hohem Eigenwiderstand. Es ist daher selbstverständlich, bei Eisenmasten besonders durchschlagsichere Isolatoren einzubauen. Anderseits bieten Holzmaste, die mit ihrer hohen Stoßfestigkeit zwar eine wirksame Ergänzung der keramischen Isolation bilden, die Gefahr der Mastzersplitterung, wenn ein Isolator über- oder durchschlagen sollte. Um dieser Gefahr zu begegnen und doch die gute Holzisolation nach Möglichkeit auszunutzen, sind Bauarten vorgeschlagen worden, bei denen das Erdseil erst unterhalb der Be-

[5]) Borgquist, Tekn. Tidskr., Elektroteknik 66 (1936) S. 125.

[6]) Vgl. z. B. F. Obenaus, Hescho-Mitt. (1936) H. 73, S. 17.
[7]) Dennhardt, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 718.
[8]) Vgl. z. B. Rachel, Elektr.-Wirtsch. 23 (1924) S. 154.

Digitized by Google

festigungseisen der Isolatoren an den Mast angeschlossen wird[9]).

Mit der Frage gewittersicherer Isolatoren hängt eng die Frage nach Schutzarmaturen zusammen, da bei sehr hohen Blitzspannungen auch die größten Isolatoren überschlagen werden können und der dann einsetzende Erdschlußlichtbogen durch seine Hitzewirkung doch den Isolator zerstören könnte. Die Durchbildung zweckentsprechender Schutzarmaturen[10]) ist daher schon seit 25 Jahren (als in Amerika von Nicholson erstmalig Schutzarmaturen für große Stützenisolatoren mit Erfolg entwickelt worden waren) viel erörtert worden, und hat, besonders bei Kettenisolatoren, zu recht wirksamen und zweckmäßigen Bauarten geführt, die nicht nur die Isolatoren, sondern auch die Leitung gegen die zerstörende Wirkung eines kräftigen Lichtbogens schützen.

Noch einige für das Betriebsverhalten der Isolatoren wichtigen Punkte seien mit wenigen Worten berührt, nämlich die Befestigung der Stützenisolatoren auf ihren Stützen und die Möglichkeit von Rundfunkstörungen. Nähere Untersuchungen über das Verhalten von Hochspannungisolatoren[11]) haben wohl ziemlich einwandfrei erwiesen, daß besonders die Glimmentladungen zwischen Leitung bzw. Bindedraht und Porzellanoberfläche sowie u. U. auch die im Stützen- und Klöppelloch von Stützen- oder Kettenisolatoren oberhalb gewisser Spannung auftretenden Glimmentladungen Rundfunkstörungen verursachen können. Diese Entladungen können durch einen leitenden Belag auf der Porzellanoberfläche und Kurzschließen (Überbrückung) der oft winzigen glimmenden Hohlräume unterbunden werden. Bei Kettenisolatoren haben sich die Vollkernisolatoren wegen ihrer geringen Feldstärke am Isolatorkopf als bedeutend weniger störanfällig als Kappenisolatoren erwiesen, so daß sich bei diesen besondere Schutzmittel wohl immer erübrigen. Bei Stützenisolatoren wird durch den leitenden Belag des Stützenloches und seine Verbindung mit der eisernen Stütze zugleich das Verbrennen etwa vorstehender Hanffasern vermieden, wenn, wie dies in Deutschland noch meist üblich ist, die Stützen mittels Hanfumwickelung im Stützenloch der Isolatoren befestigt werden. So sehr dieses seit Jahrzehnten übliche Verfahren sich auch bei sachgemäßer Handhabung bewährt haben mag, möge doch auch an dieser Stelle wieder auf die in anderen Ländern vorzugsweise benutzten Metallgewindehülsen oder ähnliche Befestigungsarten[12]) mit Gewinde hingewiesen werden, die ein leichtes Aufschrauben und Lösen der Isolatoren auch auf dem Maste ermöglichen.

[9]) H. Grünewald, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 454.
[10]) Wegen einzelner Ausführungsformen sei auf den folgenden Aufsatz von Nefzger verwiesen.
[11]) Dennhardt, Cigre 1935, Bericht Nr. 241; VDE-Fachberichte (1936), S. 182; Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 15 u. 35 (1934) S. 718. — Furkert, ETZ 56 (1935) S. 449. — Vieweg, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 19.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Bauarten von Freileitungsisolatoren werden behandelt. Entsprechend der Forderung möglichst hoher Durchschlagsicherheit haben sich bei den Stützenisolatoren besonders die verstärkten Isolatoren der Reihen VHD und VHW und unter den Kettenisolatoren die Vollkernisolatoren der Reihe VK sowie die nachgiebig gekitteten Kappenisolatoren bewährt. Die bei der Wahl von Freileitungsisolatoren unter Umständen sonst noch zu beachtenden Gesichtspunkte (Verschmutzungsgefahr, Störfähigkeit von Rundfunkanlagen usw.) werden kurz berührt.

[12]) W. Welcker, Hescho-Mitt. (1929) H. 47/48, S. 26.

Zubehörteile für die Verlegung von Hochspannungs-Freileitungen an Stützen- und Hängeisolatoren.

Von **J. Nefzger VDE**, Radebeul.

621. 315. 172

Übersicht. Die zur Verlegung von Hochspannungs-Freileitungen erforderlichen Mittel werden getrennt nach dem Verwendungszweck besprochen, unter besonderer Berücksichtigung des Werkstoffes Aluminium. Die Aufgabe des Zubehörs und die zu erfüllenden technischen Forderungen werden behandelt und entsprechende Richtlinien zur Beurteilung des Zubehörs gegeben.

Unter Zubehörteile werden alle jene Mittel verstanden, die zur Verlegung der Leitungen an Stützen- und Hängeisolatoren benötigt werden, wie Seilklemmen, Verbinder, Lichtbogen- und Schwingungs-Schutzvorrichtungen und ähnliche Bauteile, die auf Grund der Erfahrungen und Erkenntnisse im Freileitungsbetrieb entwickelt worden sind. In jüngster Zeit stellte die fast ausschließliche Verwendung von Aluminium für Freileitungen neue Anforderungen. Die bereits vorliegenden, langjährigen Erfahrungen zeigten die Notwendigkeit, das Zubehör den besonderen Werkstoffeigenschaften des Aluminiums anzupassen. Die Verwendung von Zweistoffseilen, wie Stahl-Aluminium mit verschiedenen Querschnittsverhältnissen, bedingte ausgedehnte Untersuchungen und die Entwicklung besonderer Klemmformen.

Die Betriebssicherheit des Zubehörs ist ebensosehr eine Frage der Ausbildung als auch der Werkstoffe. Die Betriebsbedingungen, unter welchen das Freileitungszubehör seine Aufgaben erfüllen muß, sind oft recht ungünstige. Außer den statischen, durch die Rechnung zu erfassenden Kräften treten häufig noch dynamische Beanspruchungen auf, verursacht durch Stöße, Biegungen, Schwingungen usw. Temperaturänderungen, Witterungseinflüsse und chemische Angriffe dürfen die Zuverlässigkeit des Zubehörs nicht beeinträchtigen. Die Forderungen sind oft widersprechend, wie z. B. hohe Leitfähigkeit bei gleichzeitiger hoher mechanischer Festigkeit. Kurzversuche geben über die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe nicht immer das richtige Bild. Die Mängel zeigen sich oft erst nach jahrelangem Betrieb. Rückschläge, wie z. B. bei Verwendung ungeeigneter Aluminiumlegierungen, waren deshalb nicht immer ganz zu vermeiden. Neben Aluminium höchsten Reingehaltes werden deshalb heute ausschließlich kupfer- und zinkfreie Legierungen verarbeitet, die größte Gewähr für Beständigkeit bieten. Von den Schwermetallen werden vorwiegend Temperguß sowie verschiedene Stahlsorten verwendet, wobei für zuverlässigen Rostschutz zu sorgen ist. Bewährt haben sich die bekannten Verfahren der Feuer- und Spritzverzinkung. Mit anderen Rostschutzverfahren, vor allem chemischer Art, liegen noch nicht genügend Erfahrungen vor, um deren Bewährung für den Freileitungsbau beurteilen zu können. Kupfer und seine Legierungen werden nur noch soweit als unbedingt erforderlich vorgesehen, soweit nicht die Möglichkeit besteht, inländische Austauschstoffe an deren Stelle zu setzen.

Digitized by Google

Die Aufhängung von Freileitungen an Stützen- und Kettenisolatoren.

Die Aufhängung der Leitungen an Stützenisolatoren erfolgt durch Kopf- oder Halsbunde. Bei Kupferleitungen sind beide Bundarten gebräuchlich. Bei Aluminiumleitungen, die sich wegen ihres geringeren Gewichtes leichter lockern können und gegen Scheuerung empfindlicher sind, zieht man deshalb Halsbunde den Kopfbunden vor.

Die Auswahl der für eine bestimmte Leitung am besten geeigneten Befestigung muß sich nach dem Querschnitt, der Zugspannung, der Spannweite, der zu erwartenden Zusatzlast durch Winddruck und Rauhreif und schließlich nach der verwendeten Isolatorenart richten. Man kann deshalb in Ortsnetzanlagen im allgemeinen einfachere Bunde anwenden als etwa bei Mittelspannungsleitungen im offenen Gelände.

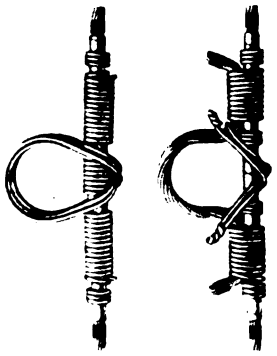


Abb. 1a. Beispiele von Drahtbunden.

Aluminiumleitungen werden an den Befestigungsstellen zur Verhütung mechanischer Beschädigungen oft mit einer Wickelbandage aus weichem Band des gleichen Metalls versehen. Einfetten des Leitungsseiles und des Bundes erhöht die Widerstandsfähigkeit des Metalles gegen die korrosiven Einflüsse der Luft; es macht die Befestigungsstelle geschmeidiger und damit unempfindlicher gegen Schwingungen[1]).

Die Halsbunde werden als Draht- oder als Bügelbunde ausgeführt[2]). Bei Drahtbunden wird ein Bindedraht mehrmals kreuzweise um den Isolator herumgeschlungen und um die Leitung aufgewickelt. Die Drahtwickel müssen straff und dicht aneinanderliegend aufgelegt werden. Die Enden der Bindedrähte werden zweckmäßig miteinander verknotet.

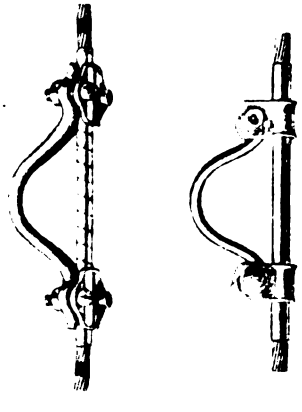


Abb. 1b. Beispiele von Bügelbunden.

Bügelbunde bestehen aus einem um den Isolator herumgelegten, verschieden geformten Bügel, an welchem die Leitung durch Wickelbund oder Klemmen befestigt wird. Die Bügel können aus einem Stück Seil oder aus massivem Rund- oder Profilwerkstoff bestehen. Bei Bemessung der Bügellänge ist darauf zu achten, daß die Leitung auf Anzug am Isolator sitzt, um Lockerung auszuschließen. In Abb. 1 sind verschiedene Ausführungen von Draht- und Bügelbunden dargestellt. Die letzteren werden vorwiegend für größere Spannweiten und Leitungsquerschnitte angewendet, besonders in Mittelspannungsleitungen. Im allgemeinen ergeben Bügelbunde größere Festigkeit und Sicherheit gegen Zugbeanspruchung quer oder in Leitungsrichtung als Drahtbunde.

Zur Befestigung der Leitungen an Kettenisolatoren dienen Hänge- oder Tragklemmen. Ihnen fällt die Aufgabe zu, die Leitungen zu tragen und gegen ungewollte Verschiebung zu schützen. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen der Aufhängung von Leitungen aus Kupfer und solchen aus Aluminium (Reinaluminium, Aldrey oder Stahl-Aluminium) besteht nicht.

Die Tragklemmen haben im Laufe der letzten Jahre mannigfaltige Wandlungen erfahren. Vor allem waren es die fortschreitenden Erkenntnisse über Leitungsschwingungen, die einen entscheidenden Einfluß auf die Gestaltung der Tragklemmen hatten. Die Tragklemmen müssen so ausgebildet sein, daß Beschädigungen der Leitungsseile durch Knickbildung, Kerbwirkung oder Wechselbiegungen unmöglich sind. Die Wünsche bezüglich Bemessung der Klemmkraft gehen weit auseinander. Sie schwanken zwischen vollkommen loser und vollkommen fester Einklemmung. Für Leitungen, die zu Schwingungen neigen, werden heute fast ausschließlich solche Tragklemmen verwendet, bei welchen die Seilmulde in dem Aufhängebügel gelenkig auf Zapfen oder Schneiden gelagert ist. Die schwingenden Teile der Tragklemmen sollen möglichst leicht gehalten sein. Lichtbogen-Schutzvorrichtungen werden deshalb ausschließlich an dem Tragbügel befestigt. Neuerdings werden Tragklemmen empfohlen, deren Seilmulde aus Leichtmetall besteht und bei welchem die schweren Teile auf den Mittelpunkt vereinigt sind[3]). Zwei neuere Ausführungen zeigt Abb. 2.

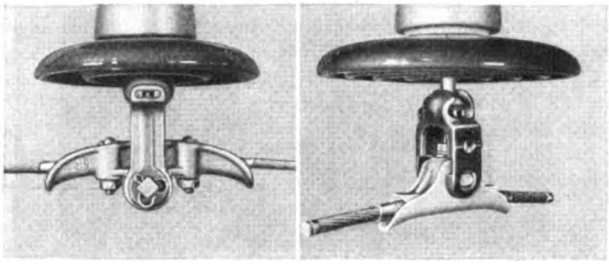


Abb. 2. Tragklemmen.

Es ist heute allgemein üblich, die Leitungen in den Tragklemmen als Schutz gegen mechanische Beschädigungen mit einem Band aus gleichem Metall spiralenförmig zu umwickeln. Bei manchen Leitungen ist es notwendig, sog. Rutsch- oder Auslöseklemmen zu verwenden, bei welchen im Falle eines Seilrisses oder bei starkem einseitigen Leitungszug die Festhaltung des Seiles aufgehoben wird und das freigegebene Seil unter Entlastung des Mastes durch die Klemme rutschen kann.

Die Abspannung der Leitungen an Stützen- und Kettenisolatoren.

Die Abspannung der Leitungen an Stützenisolatoren geschieht ausschließlich in Form von Schlußbunden[2]). Die Leitungen wurden um die Halsrille des Isolators herumgeschlungen und die Schleife durch geeignete Mittel geschlossen. Schlußbunde müssen entsprechend den VDE-Vorschriften so ausgeführt sein, daß sie die Leitungen mit mindestens 90 % ihrer Nennlast halten. Auch hier empfiehlt es sich bei blanken Aluminiumleitungen den Krümmungsbogen der Schlußbunde zweckmäßig mit einem Wickelband aus Aluminium zu versehen. Bei Aluminium zieht man lösbare Verbinder bzw. Klemmen den unlösbaren, z. B. Kerbverbindern[4]), Niet- und Schraubenverbindern, vor. In Ortsnetzen tritt häufig der Fall ein, daß von einer abzuspannenden Aluminiumleitung auf eine Kupferleitung übergegangen werden muß, z. B. bei Hausanschlüssen und dergleichen. Für solche Zwecke bietet die Endbundklemme mit Kupferabzweig (Abb. 3) große Vorteile. Sie sind auf der Aluminiumseite in der üblichen Weise ausgeführt und haben noch eine korrosionssichere Anschlußeinrichtung für die Kupferleitung.

Die Abspannung der Leitungen an Kettenisolatoren geschieht mit Hilfe von Abspannklemmen,

[1]) P. Behrens, Aluminium 17 (1935) S. 305.
[2]) P. Behrens, Aluminium 17 (1935) S. 253.
[3]) M. Preiswerk, Aluminium 16 (1934) S. 147.
[4]) Vgl. auch P. Perlick S. 1398 dieses Heftes.

Digitized by Google

denen die Aufgabe zufällt, die zugfeste Verbindung zwischen Leitung und Abspannkette sowie den Stromübergang von der gespannten Leitung zur losen Stromschlaufe herzustellen. Die VDE-Vorschriften sehen vor, daß die Leitungen in den Abspannklemmen mit mindestens 90 % ihrer Nennlast gehalten werden und gegen das Auftreten elektrolytischer Zerstörungen geschützt sein müssen.

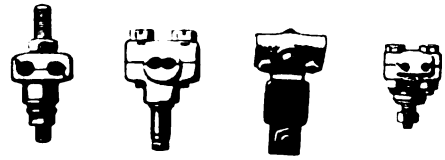


Abb. 3. Beispiele von Endbundklemmen mit Kupferabzweig.

Die Abspannklemmen bestehen meist aus einem geraden oder gekrümmten Seilkanal, in welchem die Leitung durch besondere Klemmorgane festgehalten wird. Als solche werden überwiegend Keile oder Konen verwendet (Abb. 4). Bei Aluminiumleitungen werden Abspannklemmen mit gerader Klemmachse vorgezogen, bei welchen die Klemmkörper gelenkig gelagert sind.

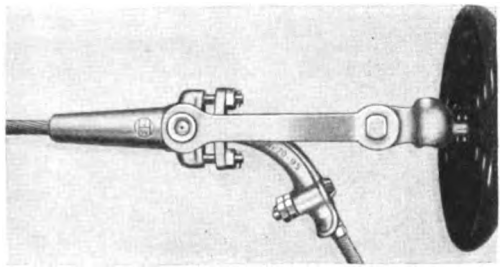


Abb. 4. Konus-Abspannklemme mit Nachschubeinrichtung.

Bei Stahl-Aluminiumleitungen kann man die Abspannung durch von außen angreifende Klemmorgane bewirken. Vielfach werden aber auch Ausführungen verwendet, bei welchen eine getrennte Klemmung des Stahlkernes und des Aluminiummantels vorgenommen ist, insbesondere dann, wenn es sich um Stahl-Aluminiumseile größerer Querschnitte oder um Seile handelt, bei welchen der Stahlkern einen großen Anteil am Gesamtquerschnitt hat. Stahl-Aluminiumseile selbstdämpfender Bauart lassen sich nur mit Hilfe solcher Abspannklemmen verlegen. Die getrennte Klemmung von Stahl und Aluminium ermöglicht bei geringem Raumbedarf eine sehr zuverlässige Festhaltung der Seile. Um Stromübergänge in den Abspannklemmen zu vermeiden, sind Bauformen geschaffen worden, bei welchen der Aluminiummantel ungeschnitten hindurchgeht, während die herausgeführte Stahlseele für sich geklemmt ist.

Bei Auswahl von Abspannklemmen muß unbedingt darauf geachtet werden, daß die betreffende Bauart für den gedachten Verwendungszweck auch tatsächlich geeignet ist.

Stromführende Verbindungen.

Stromführende Verbindungen können erfahrungsgemäß Störungsquellen sein, vor allem in Freileitungs-Ortsnetzen, wo durch Herstellung von Hausanschlüssen, Abzweigen usw. eine große Anhäufung von Kontaktstellen vorhanden ist. Die Ursachen sind meist in einer Lockerung der Klemmstellen zu suchen, hervorgerufen durch die fortwährenden Erschütterungen, Stöße, Schwingungen usw. Die Behebung dieser Störungen wird durch große Kontaktflächen und hohen Kontaktdruck versucht.

Zur Herstellung einer zuverlässigen Stromverbindung, die sich im Betriebe nicht lockert, ist außer der Auswahl geigneter Bauformen ein sorgfältiger Einbau unerläßlich. Bei Aluminiumleitungen sind die Kontaktflächen am Seil und den Klemmen vor Zusammenbau unbedingt metallisch blank zu machen, um den Übergangswiderstand so klein wie möglich zu halten und unerwünschte Erwärmungen fernzuhalten. Zweckmäßig ist es, die Kontaktflächen leicht einzufetten, um sie längere Zeit blank zu halten.

Die stromführende Verbindung an zugentlasteten Leitungsseilen wird meist mit Hilfe von Klemmen hergestellt, die je nach dem Verwendungszweck verschieden ausgestaltet sind.

Zum Verbinden zweier gleich starker Leitungen, z. B. in den Stromschlaufen der Hochvoltleitungen, bedient man sich sogenannter Stromklemmen. Diese bestehen in der Regel aus Klemmbacken mit entsprechend großen nebeneinander- oder übereinanderliegenden Seilrillen. Bewährt hat sich eine stufenförmige Abklemmung der Aluminiumleiter, bei welcher jede Drahtlage der Seile direkt kontaktgebend gefaßt wird. Kastenförmige Stromklemmen, bei denen die Klemmstücke aus Aluminium in einem Gehäuse aus feuerverzinktem Stahl eingebettet sind, können bei entsprechender Ausführung der Klemmstücke auch für verschieden starke Leitungen zur Herstellung von Abzweigen benutzt werden.

In solchen Fällen, wo aus betrieblichen Gründen eine Auftrennung der Stromschlaufen erforderlich ist, werden vorteilhaft die sogenannten Rohrstromklemmen angewandt, die auch eine Verbindung ungleicher Querschnitte oder den Übergang von Kupfer auf Aluminium ermöglichen. Sie bestehen aus kabelschuhförmigen Hülsen, welche auf die Seilenden durch längliche Eindrücke in die Hülsenwandung unlösbar befestigt und an ihren verbreiterten Lappen miteinander verschraubt werden (Abb. 5).

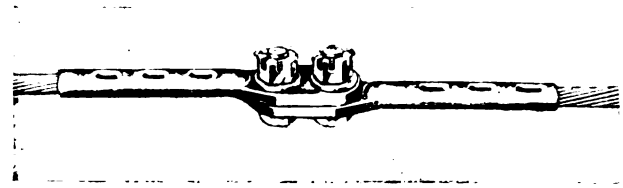


Abb. 5. Lösbare Rohrstromklemme.

In Ortsnetzanlagen besteht ein großer Bedarf an sog. Abzweigklemmen (Abb. 6), die zum Anschließen von Abzweigleitungen gleichen oder schwächeren Querschnitts an Hauptleitungen dienen. Sie bestehen meist aus zwei miteinander verschraubten Klemmbacken, die zur Erzielung eines großen Klemmbereiches gegeneinander verschwenkbar angeordnet sind.

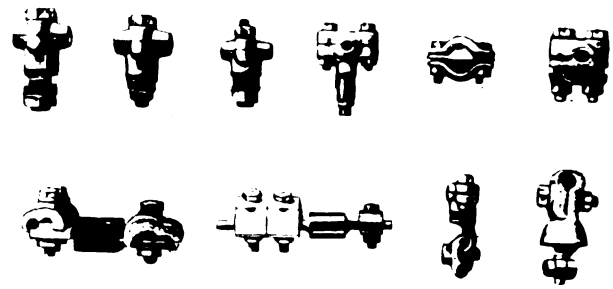


Abb. 6. Beispiele von Zweimetall-Abzweigklemmen.

Der vielfach erforderliche Übergang von Kupfer- auf Aluminiumleitungen wird mit Hilfe von Zweimetallklemmen[5]), auch Alcu-Klemmen genannt, vorgenommen. Meist wird der Aufbau der Klemmen so vorgenommen, daß die Leitungen nur mit gleichen Metallen in Berührung kommen, während die eigentliche Berührungsstelle der verschiedenen Metalle in das Innere der Klemme verlegt und gegen den Zutritt von Luft und

[5]) ETZ 56 (1935) S. 239.

Digitized by Google

Feuchtigkeit zuverlässig geschützt wird. Die Abdichtung wird durch geeignete, wetterfeste Lackanstriche oder durch zwischengelegte oder umpreßte Isolationsmittel bewirkt.

Eine einfache Lösung der Aufgabe ist darin gefunden worden, daß die Klemme aus dem Metall der einen Leitung, z. B. Kupfer, hergestellt wird, während alle Klemmflächen, die mit der anderen Leitung Berührung haben, mit einem unlösbaren Belag dieses Metalles, z. B. Aluminium, versehen sind.

In vielen Fällen leistet der sogenannte Alcu-Stab gute Dienste, der die Verwendung der üblichen Einmetallklemmen ermöglicht. Er besteht aus einem Kupfer- und Aluminium-Rundstab, die korrosionssicher miteinander verbunden sind. Der Stab wird an Stelle einer Leitung in die Abzweigklemme eingelegt. Mit seiner Hilfe lassen sich zahlreiche Kombinationen treffen.

Ein zweckdienliches Hilfsmittel wurde in dem sogenannten Cupalblech[6]) gefunden, ein Doppelmetall, bei welchem Kupfer- und Aluminiumblech durch ein besonderes Verfahren unlösbar miteinander verbunden sind. Die Berührungsstelle der beiden Metalle befindet sich also im Innern des Bleches und ist dem Zutritt von Luft und Feuchtigkeit vollständig entzogen. Cupal ist vielseitig anwendbar, z. B. als Hülsen, Beilagen, Unterlegscheiben und dergleichen. Es dient als Zwischenlage zwischen Kupfer- und Aluminiumteilen.

Zugfeste Verbinder.

Zugfeste Leitungsverbinder sollen zwei Leitungsenden mechanisch und elektrisch miteinander verbinden. Mechanisch muß die Verbindung mindestens 90 % der Nennlast der Leitungen aushalten. Der elektrische Widerstand einer Verbindung soll nicht größer sein als der eines gleich langen Leitungsstückes. Die üblichen Verbinder beruhen auf dem Reibungsprinzip.

Kerbverbinder werden wegen ihrer Einfachheit und Zuverlässigkeit in steigendem Maße für alle Leitungsbaustoffe benutzt, insbesondere nachdem es gelungen ist, sie auch für Stahl-Aluminiumseile von den kleinsten bis zu den größten Abmessungen brauchbar zu machen[7]).

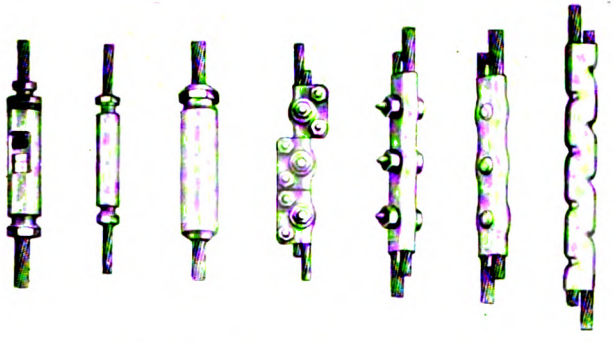


Abb. 7. Beispiele von Leitungsverbindern.

Niet- und Schraubenverbinder haben sich seit Jahrzehnten bewährt und werden auch heute noch vielfach benutzt. Ziehverbinder, bei welchen der Reibungsdruck durch Aufziehen der Hülse von gleichem Metall erzeugt wird, haben sich in Deutschland weniger einführen können. Konusverbinder dürfen nicht in zugentlastete Leitungsteile, wie z. B. Stromschlaufen, eingebaut werden, da sie nur dann guten Kontakt geben, wenn sie unter Zugspannung stehen.

Die Abb. 7 zeigt die bekanntesten Leitungsverbinder.

Von neueren Verbindern sind der Doppel-Rohrverbinder und der zweiteilige Falzverbinder zu nennen. Der erstere ist für Stahl-Aluminiumseile entwickelt worden, insbesondere solche selbtsdämpfender Ausführung. Die Enden der Stahlseelen und der Aluminiummäntel werden durch ein übergeschobenes Stahl- bzw. Aluminiumrohr mechanisch und elektrisch durch Einpressen ovaler Eindrücke verbunden. Der zweiteilige Falzverbinder besteht aus zwei Rohrhälften, die auf das Seil aufgesetzt und mittels Falzführung ineinandergeschoben werden. Die Verbindung mit dem Seil erfolgt durch Eindrücke an den beiden Längsseiten des Verbinders. Der zweiteilige Falzverbinder wird für Ausbesserungszwecke benutzt und wird an solchen Seilstellen angebracht, die z. B. bei der Verlegung, durch Lichtbogen oder Schwingungen beschädigt sind.

Lichtbogen-Schutzvorrichtungen.

Sie dienen zum Schutz der Leitungen und Isolatorenketten gegen die thermischen Zerstörungswirkungen der Lichtbogen. Lichtbogen-Schutzvorrichtungen werden an den beiden Enden der Isolatorenketten in Form von einfachen Hörnern, Stabkreuzen oder Ringen angebracht. Für die Auswahl der einen oder anderen Ausführung ist die Höhe der Nennspannung sowie der gewünschte Grad der Schutzwirkung entscheidend, die bei den Ringen am größten ist. Die Befestigung der Schutzvorrichtungen erfolgt ausschließlich an besonderen Zwischenstücken oder an den nicht mitschwingenden Tragbügeln der Hängeklemmen. Von der Anbringung an den Seilklemmen selbst ist man abgekommen, da dadurch die Masse der Klemmen im Hinblick auf die Leitungsschwingungen unerwünscht vergrößert wird.

Bei Stützen-Isolatoren scheitert die Anbringung von Lichtbogen-Schutzvorrichtungen an dem geringen Überschlagsweg. Es empfiehlt sich, das Leitungsseil durch Anbringung von Verstärkungen, Bandagen und dergleichen gegen Abbrand zu schützen.

Schwingungs-Schutzvorrichtungen.

Die schädlichen Auswirkungen der Seilschwingungen können durch Anbringung von Verstärkungen an den gefährdeten Seilstellen verhindert werden, z. B. durch Stahlprofilstäbe[8]), die an das Leitungsseil angeklemmt werden (Abb. 8). Die vollständige Beseitigung der Schwingungen läßt sich durch Schwingungsdämpfer erreichen. Es sind dies Vorrichtungen, die in Nähe der Tragpunkte an der Leitung befestigt werden und die Schwingungen meist durch Reibung oder Schlagarbeit vernichten. Bewährt haben sich die sogenannten Schwinghebeldämpfer[9]). Ebenso soll auf die sogenannten Stoßgewichtsdämpfer hingewiesen werden, die eine Störfrequenz auslösen[10]).

Abb. 8. Dämpfungsbeilagen.

Zusammenfassung.

Das Zubehör der Hochspannungs-Freileitungen hat mannigfache Aufgaben zu erfüllen. Mangelhaftes Zubehör kann unangenehme Störungen verursachen. Die Beurteilung muß sich auf Bauform und Werkstoff erstrecken. Es gibt heute zahlreiche, zuverlässige Ausführungen für jeden Verwendungszweck. Für die Verlegung von Aluminiumleitungen sind besondere, den Eigenschaften dieses Werkstoffes angepaßte Mittel entwickelt worden.

[6]) H. Schmidt u. B. Wulff, Aluminium 13 (1931) S. 262.
[7]) ETZ 56 (1935) S. 709.
[8]) ETZ 55 (1932) S. 1182.
[9]) H. Schmitt u. P. Behrens, ETZ 54 (1933) S. 605.
[10]) S. a. S. 1389 u. 1390 dieses Heftes.

Digitized by Google

Ortsnetzbau.

Von P. Perlick VDE, Hannover.

621. 316. 1. 027. 2

Übersicht. Zunächst werden Fragen zur Verbesserung der Witterungsbeständigkeit von Aluminiumseilen erörtert. Sodann werden Bedingungen für einwandfreie Aluminium- und Aluminium-Kupfer-Klemmen aufgestellt. Der Einbau von Stahlaluminium in Ortsnetzen wird besprochen, ebenso die Maßnahmen zur Begrenzung der Abschaltzeiten. Weiterhin wird auf die Erhöhung der Leistungsfähigkeit vorhandener Ortsnetze eingegangen.

Der Ortsnetzbau mußte sich in den letzten Jahren ganz erheblich umstellen, und zwar einerseits, weil bei Neuanlagen Kupfer nicht mehr genommen werden soll, und anderseits, weil die vermehrte Einführung von Haushaltsgeräten und der wachsende Anschluß von kleinen industriellen Abnehmern nicht nur eine ununterbrochene Lieferung verlangte, sondern auch die genannten Geräte eine bessere Spannungshaltung und in vielen älteren Ortsnetzen auch umfangreiche Leitungsverstärkungen erforderlich machten.

Aluminiumseile.

Als Ersatz für Kupfer wurde fast durchweg Aluminium genommen. Die bekannte Neigung des Aluminiums zur Oxydation wird in Ortsnetzen durch Abgase der Schornsteine und Ammoniakdämpfe der Düngergru-

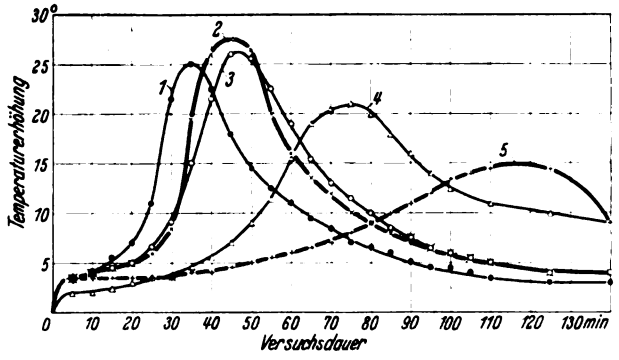


Abb. 1. Untersuchung von fünf Aluminiumdrähten verschiedener Herkunft durch Oberflächenätzung.

ben noch verstärkt. Die Oxydationsneigung wird wesentlich durch den Reinheitsgrad des Aluminiums beeinflußt. Während in früheren Jahren die Seile mit einem Reingehalt von etwa 98 bis 99 % geliefert wurden, ist der Reingehalt durch die jetzigen Lieferbedingungen des Leit-Alu-Verbandes auf mindestens 99,5 % festgelegt. Wie Versuche jedoch zeigen, kann durch unsachgemäße Bearbeitung auch des reinsten Werkstoffes die Witterungsbeständigkeit erheblich herabgesetzt werden. Diese Fehler können u. a. darin bestehen, daß die Drähte bei falscher Temperatur gewalzt werden und dadurch das Aluminium und insbesondere die Siliziumkristalle ein grobkörniges Gefüge annehmen; daß weiterhin durch das Walzen auf Kupferstraßen und durch das nachträgliche Beizen die Kupferflitter zwar entfernt, jedoch die zurückbleibenden Krater beim Ziehvorgang nicht genügend beseitigt werden und Ausgangspunkte für eine starke Oxydation bilden, und daß beim Leitungsbau durch Schleifen der Seile über den Erdboden sich die Seile stark aufrauhen.

Für die Beurteilung der Witterungsbeständigkeit von Seilen haben wir bei der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-Aktiengesellschaft folgendes Prüfverfahren ausgearbeitet: Die zu untersuchenden Drähte werden mit einem weichen Lappen von anhaftendem Fett gereinigt, zur weiteren Reinigung in 1 % Natronlauge 5 min getaucht und mit destilliertem Wasser abgespült. Drahtstücke mit einer Gesamtoberfläche von 100 cm² kommen danach in Reagenzgläser mit 25 cm³ 4 % Salzsäure. Mit Hilfe eines Thermometers wird dann nach dem Verfahren von F. Mylius[1]) der Temperaturanstieg in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung von Drähten fünf verschiedener Firmen. Die Unterschiede sind recht auffällig. Wir untersuchten außerdem, ob der Einfluß von Laugen bei den genannten Seilproben sich in anderer Weise ausdrückt. Unter den gleichen Versuchsbedingungen wie oben wird anstatt 4 % Salzsäure 4 % Natronlauge benutzt. Die Ergebnisse zeigen bei den gleichen Drähten dieselbe Reihenfolge wie in Abb. 1. Die Seile Nr. *1*, *2* und *3* sind auf einer Kupferstraße gewalzt und anschließend gebeizt; Draht Nr. *4* wurde auf einer reinen Aluminiumstraße gewalzt und nicht gebeizt; Draht Nr. *5* wurde in einem reinen Aluminiumwerk gepreßt. Die Überlegenheit des gepreßten Drahtes ist deutlich zu erkennen, sie beruht auf der beim Preßvorgang verdichteten und außerdem sehr glatten Oberfläche. In einer weiteren Versuchsreihe wurden auch gepreßte Drähte einer anderen Fabrik untersucht. In diesem Falle schnitten die gepreßten Drähte ebenso günstig ab. Weiterhin wurden Versuche mit künstlich aufgerauhter Oberfläche und künstlich aufgebrachten Kupferflittern vorgenommen. Im ersteren Falle stieg der Höchstwert um 5 bis 12 %, im zweiten Falle um 20 bis 30 % gegenüber dem Höchstwert bei den Ursprungsdrähten. Im Hinblick auf die Wichtigkeit der Witterungsbeständigkeit sollte man dieser Frage ganz besondere Aufmerksamkeit schenken.

Aluminiumklemmen.

Die starke Oxydationsneigung des Aluminiums macht die Klemmenfrage besonders heikel[2]). Die Oxydations- und Korrosionsneigung wird durch das Vorhandensein von Wasser stets gefördert. Es muß daher erste Bedingung für die Ausbildung einer Aluminiumklemme sein, den Zutritt[3]) und das Verweilen von Wasser an den Klemmstellen nach Möglichkeit zu unterbinden. Dies ist leider bei vielen Ausführungen noch nicht der Fall. Bei einigen Klemmen kann bei waagerechter Lage das Wasser sowohl längs der Seile, als auch von oben eindringen und wird durch die Adhäsionskraft noch längere Zeit nach dem Regen festgehalten, wodurch eine verstärkte Oxydbildung eintritt, wie die Erfahrung vieler Jahre gezeigt hat. Der Übergangswiderstand der Klemme wird dadurch erhöht, die Klemme erwärmt sich, die Schrauben werden gelockert und auch die restlichen Kontaktstellen mit Oxyd bedeckt.

Von den älteren Aluminiumklemmen ist der Kerbverbinder wohl die einzige Klemme, welche sich im Laufe der Jahre verhältnismäßig gut bewährt hat. Kerbverbinder sollten daher als Feld- und Endbundklemmen im Ortsnetz möglichst viel eingebaut werden. Seine Vorzüge verdankt der Kerbverbinder neben der langen Klemmfläche und dem starken Preßdruck einmal dem hermetischen Abschluß gegen das Eindringen von Wasser (äußere Aluminiumhaut und die zusammengedrückten Aluminiumdrähte an den ersten Kerben) und das andere Mal der Tatsache, daß die zusammengepreßten Drähte keine Gelegenheit finden,

[1]) F. Mylius, Z. Metallkunde 16 (1923) S. 33.
[2]) H. Almers, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 382.
[3]) Augustin, VDE-Fachberichte (1935) S. 55.

Digitized by Google

sich nach einer anderen Richtung auszubreiten. Der Preßdruck kann daher nicht vermindert werden. Werden die Seile vor dem Kerben tüchtig eingefettet, dann werden die im Kerbverbinder noch vorhandenen Hohlräume vollständig ausgefüllt und Sauerstoff und Wasser haben keinen Zutritt. Die geschlossene Bauart des Kerbverbinders schützt das Fett vor dem schnellen Auswaschen durch Regen, was als weiterer wichtiger Gesichtspunkt für Erhöhung der Lebensdauer der Aluminiumverbinder unterstrichen werden soll. Beim Einfetten, das stets an den Klemmen reichlich vorgenommen werden sollte, muß nur einwandfreies Fett benutzt werden, das sich nicht mit der Zeit in Laugen oder Säuren zersetzt, da sonst das Gegenteil (s. Oxydationsversuche Abb. 1) erreicht wird. Die reichliche Fettung hat sich bei Parallelversuchen mit gefetteten und ungefetteten Klemmen als sehr günstig erwiesen. Konusklemmen haben sich nach unseren Erfahrungen im Ortsnetzbau nicht bewährt.

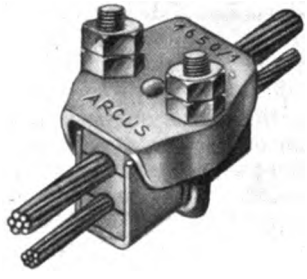


Abb. 2. Deckelklemme

Ansätze, die erwähnten bewährten Gesichtspunkte bei lösbaren Strom- und Abzweigklemmen zu berücksichtigen, sind erst bei einigen Verbindungsklemmen vorhanden. Die gestellten Bedingungen werden von sogenannten Deckelklemmen, welche von verschiedenen Firmen neuerdings herausgebracht werden, noch am besten erfüllt (Abb. 2).

Zur Befestigung des Seiles an Stützenisolatoren hat sich der einfache und der doppelte Kreuzbund verhältnismäßig gut bewährt. Bei ungeübten Arbeitskräften bringen Bügelbunde Vorteile, die bereits in recht guten Ausführungsformen hergestellt werden. Das vielfach empfohlene Wickelband (siehe Abb. 4) bei Befestigung des Seiles an den Isolatoren halte ich auf Grund von Erfahrungen bei alten Aluminiumortsnetzen — zu mindestens solange keine Klemmstellen vorhanden sind — für nicht erforderlich.

Klemmen für Aluminium-Kupfer-Verbindung.

Schwierigkeiten bereiten die Zweimetallklemmen, welche den Übergang von Aluminium auf Kupfer herstellen. Die bisherigen Verfahren, die Übergangsstelle

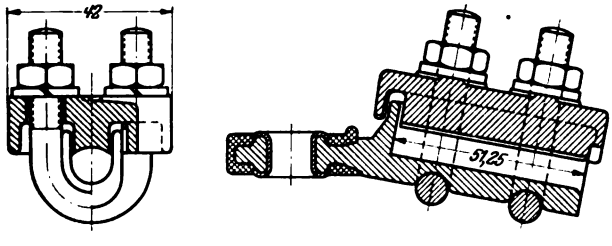


Abb. 3. Aluminium-Kupfer-Kabelschuh mit Kunstharzumpressung.

mit Lack oder Bitumen zu bestreichen, haben sich als nicht immer zuverlässig erwiesen. Neuerdings wird von einigen Firmen mit Erfolg die Übergangsstelle mit Kunstharzmasse umpreßt. Beim wochenlangen Lagern dieser Klemmen in Leitungs- bzw. destilliertem Wasser zeigten sich keine Schäden an den Übergangsstellen. Besonders günstig erscheint die Kunstharzumpressung bei der Ausbildung von Al-Cu-Kabelschuhen, z. B. für den Anschluß von Trennschaltern in Aluminium-Ortsnetzen (Abb. 3). Beachtenswert ist die schräge Lage der Aluminiumklemmstelle, um Regenwasser fernzuhalten. Recht interessant erscheinen die Versuche, die Al-Cu-Klemmen in Verbindung mit Schlußbundklemmen herauszubringen. Von mehreren Firmen sind brauchbare Lösungen herausgebracht worden (Abb. 4).

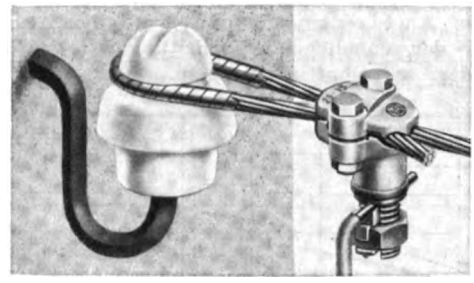


Abb. 4. Beispiel einer Aluminium-Kupfer-Klemme in Verbindung mit einer Schlußbundklemme.

Stahl-Aluminium-Seil.

Die Verwendung kleiner Stahl-Aluminium-Querschnitte bietet für Mittelspannungsleitungen erhebliche Vorteile[4]). Bei Niederspannungsleitungen bringt nur der Einbau von 16 mm² Stahl-Aluminium (Spannweiten 40 bis 60 m) gegenüber 25 mm² Aluminium bei untergeordneten Stichen wirtschaftliche und technische Vorteile. Bei größeren Querschnitten sind die Stahl-Aluminium-Leitungen stets um etwa 3 bis 5 % teurer. Auch bei Wahl größerer Mastabstände — falls diese überhaupt örtlich durchführbar sind — ergibt sich kein geringerer Mehrpreis, da die dann eintretenden erhöhten Mastkosten die sonstigen Ersparnisse aufheben. Bei Gebirgsdörfern mit häufig wiederkehrender Rauhreifbildung ist die Verwendung von Stahl-Aluminium-Seil recht empfehlenswert, da die zulässigen VDE-Zusatzlasten bei Stahl-Aluminium-Seil, auf die Dauerzugfestigkeit bezogen, zwei- bis dreimal größer sind. Auch bei Schwierigkeiten mit Grundstückseigentümern dürfte das Stahl-Aluminium-Seil mitunter überlegen sein. Der Einbau von 16 mm² Stahl-Aluminium als Hausanschlußleitung bietet wegen der weitaus größeren mechanischen Festigkeit gegenüber Aluminiumseil wesentliche Vorteile. Bei einlagigem Stahl-Aluminium-Seil (16 bis 50 mm²) ist die Belastung auf unter 35 A zu beschränken, da sonst starke zusätzliche Leistungs- und Spannungsverluste durch die Stahlseele auftreten[5]).

Einschränkung der Ausschaltungen.

Während in früheren Jahren auch in dicht besiedelten Gebieten Abschaltungen zu bestimmten Tageszeiten noch vorgenommen werden konnten, werden jetzt die Abschaltungen infolge der starken Durchdringung der Haushalte mit Elektrizität immer schwerwiegender. Um sie nach Möglichkeit einzugrenzen, sind an allen wichtigen Verteilungspunkten Masttrennschalter einzubauen, die Ortsnetzleitungen nach Möglichkeit zu vermaschen und u. U. Maschennetzsicherungen anzubringen, die nur die fehlerhafte Leitung ausschalten. Weitere Hilfsmittel sind gute Mastpflege, häufige Ausästung der Bäume und die Feuerverzinkung sämtlicher im Ortsnetz einzubauender Eisenteile. Als Masttrennschalter ist eine recht kräftige Bauart mit einwandfreiem Feder- und Kontaktwerkstoff für den Betrieb sehr wertvoll. Bei Stützenisolatoren ist der Einbau im Querschnitt viereckiger Stützen, deren Holzgewinde nicht zu schroff einsetzt, wegen der erhöhten Festigkeit empfehlenswert. Dem Einbau von ausreichenden Erdungen sollte erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Erdungen sind regelmäßig auf ihren Schutzwert nachzuprüfen.

[4]) P. Perlick, VDE-Fachberichte (1936) S. 29.
[5]) P. Perlick, VDE-Fachberichte (1936) S. 29.

Digitized by Google

Ortsnetzbau.

Von P. Perlick VDE, Hannover.

621. 316. 1. 027. 2

Übersicht. Zunächst werden Fragen zur Verbesserung der Witterungsbeständigkeit von Aluminiumseilen erörtert. Sodann werden Bedingungen für einwandfreie Aluminium- und Aluminium-Kupfer-Klemmen aufgestellt. Der Einbau von Stahlaluminium in Ortsnetzen wird besprochen, ebenso die Maßnahmen zur Begrenzung der Abschaltzeiten. Weiterhin wird auf die Erhöhung der Leistungsfähigkeit vorhandener Ortsnetze eingegangen.

Der Ortsnetzbau mußte sich in den letzten Jahren ganz erheblich umstellen, und zwar einerseits, weil bei Neuanlagen Kupfer nicht mehr genommen werden soll, und anderseits, weil die vermehrte Einführung von Haushaltsgeräten und der wachsende Anschluß von kleinen industriellen Abnehmern nicht nur eine ununterbrochene Lieferung verlangte, sondern auch die genannten Geräte eine bessere Spannungshaltung und in vielen älteren Ortsnetzen auch umfangreiche Leitungsverstärkungen erforderlich machten.

Aluminiumseile.

Als Ersatz für Kupfer wurde fast durchweg Aluminium genommen. Die bekannte Neigung des Aluminiums zur Oxydation wird in Ortsnetzen durch Abgase der Schornsteine und Ammoniakdämpfe der Düngergruben noch verstärkt. Die Oxydationsneigung wird wesentlich durch den Reinheitsgrad des Aluminiums beeinflußt. Während in früheren Jahren die Seile mit einem Reingehalt von etwa 98 bis 99 % geliefert wurden, ist der Reingehalt durch die jetzigen Lieferbedingungen des Leit-Alu-Verbandes auf mindestens 99,5 % festgelegt. Wie Versuche jedoch zeigen, kann durch unsachgemäße Bearbeitung auch des reinsten Werkstoffes die Witterungsbeständigkeit erheblich herabgesetzt werden. Diese Fehler können u. a. darin bestehen, daß die Drähte bei falscher Temperatur gewalzt werden und dadurch das Aluminium und insbesondere die Siliziumkristalle ein grobkörniges Gefüge annehmen; daß weiterhin durch das Walzen auf Kupferstraßen und durch das nachträgliche Beizen die Kupferflitter zwar entfernt, jedoch die zurückbleibenden Krater beim Ziehvorgang nicht genügend beseitigt werden und Ausgangspunkte für eine starke Oxydation bilden, und daß beim Leitungsbau durch Schleifen der Seile über den Erdboden sich die Seile stark aufrauhen.

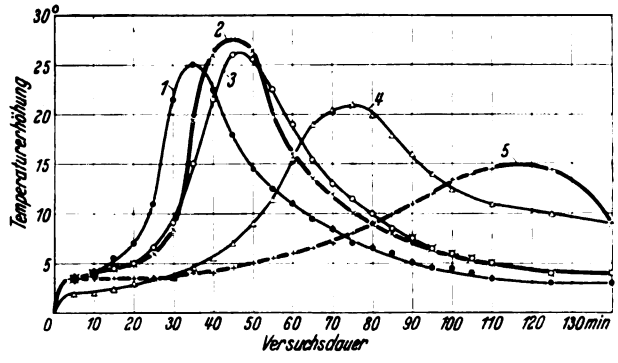


Abb. 1. Untersuchung von fünf Aluminiumdrähten verschiedener Herkunft durch Oberflächenätzung.

Für die Beurteilung der Witterungsbeständigkeit von Seilen haben wir bei der Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-Aktiengesellschaft folgendes Prüfverfahren ausgearbeitet: Die zu untersuchenden Drähte werden mit einem weichen Lappen von anhaftendem Fett gereinigt, zur weiteren Reinigung in 1 % Natronlauge 5 min getaucht und mit destilliertem Wasser abgespült. Drahtstücke mit einer Gesamtoberfläche von 100 cm² kommen danach in Reagenzgläser mit 25 cm³ 4 % Salzsäure. Mit Hilfe eines Thermometers wird dann nach dem Verfahren von F. Mylius[1]) der Temperaturanstieg in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung von Drähten fünf verschiedener Firmen. Die Unterschiede sind recht auffällig. Wir untersuchten außerdem, ob der Einfluß von Laugen bei den genannten Seilproben sich in anderer Weise ausdrückt. Unter den gleichen Versuchsbedingungen wie oben wird anstatt 4 % Salzsäure 4 % Natronlauge benutzt. Die Ergebnisse zeigen bei den gleichen Drähten dieselbe Reihenfolge wie in Abb. 1. Die Seile Nr. *1*, *2* und *3* sind auf einer Kupferstraße gewalzt und anschließend gebeizt; Draht Nr. *4* wurde auf einer reinen Aluminiumstraße gewalzt und nicht gebeizt; Draht Nr. *5* wurde in einem reinen Aluminiumwerk gepreßt. Die Überlegenheit des gepreßten Drahtes ist deutlich zu erkennen, sie beruht auf der beim Preßvorgang verdichteten und außerdem sehr glatten Oberfläche. In einer weiteren Versuchsreihe wurden auch gepreßte Drähte einer anderen Fabrik untersucht. In diesem Falle schnitten die gepreßten Drähte ebenso günstig ab. Weiterhin wurden Versuche mit künstlich aufgerauhter Oberfläche und künstlich aufgebrachten Kupferflittern vorgenommen. Im ersteren Falle stieg der Höchstwert um 5 bis 12 %, im zweiten Falle um 20 bis 30 % gegenüber dem Höchstwert bei den Ursprungsdrähten. Im Hinblick auf die Wichtigkeit der Witterungsbeständigkeit sollte man dieser Frage ganz besondere Aufmerksamkeit schenken.

Aluminiumklemmen.

Die starke Oxydationsneigung des Aluminiums macht die Klemmenfrage besonders heikel[2]). Die Oxydations- und Korrosionsneigung wird durch das Vorhandensein von Wasser stets gefördert. Es muß daher erste Bedingung für die Ausbildung einer Aluminiumklemme sein, den Zutritt[3]) und das Verweilen von Wasser an den Klemmstellen nach Möglichkeit zu unterbinden. Dies ist leider bei vielen Ausführungen noch nicht der Fall. Bei einigen Klemmen kann bei waagerechter Lage das Wasser sowohl längs der Seile, als auch von oben eindringen und wird durch die Adhäsionskraft noch längere Zeit nach dem Regen festgehalten, wodurch eine verstärkte Oxydbildung eintritt, wie die Erfahrung vieler Jahre gezeigt hat. Der Übergangswiderstand der Klemme wird dadurch erhöht, die Klemme erwärmt sich, die Schrauben werden gelockert und auch die restlichen Kontaktstellen mit Oxyd bedeckt.

Von den älteren Aluminiumklemmen ist der Kerbverbinder wohl die einzige Klemme, welche sich im Laufe der Jahre verhältnismäßig gut bewährt hat. Kerbverbinder sollten daher als Feld- und Endbundklemmen im Ortsnetz möglichst viel eingebaut werden. Seine Vorzüge verdankt der Kerbverbinder neben der langen Klemmfläche und dem starken Preßdruck einmal dem hermetischen Abschluß gegen das Eindringen von Wasser (äußere Aluminiumhaut und die zusammengedrückten Aluminiumdrähte an den ersten Kerben) und das andere Mal der Tatsache, daß die zusammengepreßten Drähte keine Gelegenheit finden,

[1]) F. Mylius, Z. Metallkunde 16 (1923) S. 33.
[2]) H. Almers, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 382.
[3]) Augustin, VDE-Fachberichte (1935) S. 55.

Digitized by Google

sich nach einer anderen Richtung auszubreiten. Der Preßdruck kann daher nicht vermindert werden. Werden die Seile vor dem Kerben tüchtig eingefettet, dann werden die im Kerbverbinder noch vorhandenen Hohlräume vollständig ausgefüllt und Sauerstoff und Wasser haben keinen Zutritt. Die geschlossene Bauart des Kerbverbinders schützt das Fett vor dem schnellen Auswaschen durch Regen, was als weiterer wichtiger Gesichtspunkt für Erhöhung der Lebensdauer der Aluminiumverbinder unterstrichen werden soll. Beim Einfetten, das stets an den Klemmen reichlich vorgenommen werden sollte, muß nur einwandfreies Fett benutzt werden, das sich nicht mit der Zeit in Laugen oder Säuren zersetzt, da sonst das Gegenteil (s. Oxydationsversuche Abb. 1) erreicht wird. Die reichliche Fettung hat sich bei Parallelversuchen mit gefetteten und ungefetteten Klemmen als sehr günstig erwiesen. Konusklemmen haben sich nach unseren Erfahrungen im Ortsnetzbau nicht bewährt.

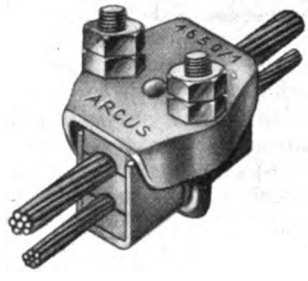


Abb. 2. Deckelklemme

Ansätze, die erwähnten bewährten Gesichtspunkte bei lösbaren Strom- und Abzweigklemmen zu berücksichtigen, sind erst bei einigen Verbindungsklemmen vorhanden. Die gestellten Bedingungen werden von sogenannten Deckelklemmen, welche von verschiedenen Firmen neuerdings herausgebracht werden, noch am besten erfüllt (Abb. 2).

Zur Befestigung des Seiles an Stützenisolatoren hat sich der einfache und der doppelte Kreuzbund verhältnismäßig gut bewährt. Bei ungeübten Arbeitskräften bringen Bügelbunde Vorteile, die bereits in recht guten Ausführungsformen hergestellt werden. Das vielfach empfohlene Wickelband (siehe Abb. 4) bei Befestigung des Seiles an den Isolatoren halte ich auf Grund von Erfahrungen bei alten Aluminiumortsnetzen — zu mindestens solange keine Klemmstellen vorhanden sind — für nicht erforderlich.

Klemmen für Aluminium-Kupfer-Verbindung.

Schwierigkeiten bereiten die Zweimetallklemmen, welche den Übergang von Aluminium auf Kupfer herstellen. Die bisherigen Verfahren, die Übergangsstelle mit Lack oder Bitumen zu bestreichen, haben sich als nicht immer zuverlässig erwiesen. Neuerdings wird von einigen Firmen mit Erfolg die Übergangsstelle mit Kunstharzmasse umpreßt. Beim wochenlangen Lagern dieser Klemmen in Leitungs- bzw. destilliertem Wasser zeigten sich keine Schäden an den Übergangsstellen. Besonders günstig erscheint die Kunstharzumpressung bei der Ausbildung von Al-Cu-Kabelschuhen, z. B. für den Anschluß von Trennschaltern in Aluminium-Ortsnetzen (Abb. 3).

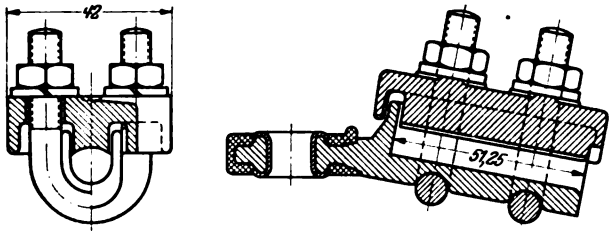


Abb. 3. Aluminium-Kupfer-Kabelschuh mit Kunstharzumpressung.

Beachtenswert ist die schräge Lage der Aluminiumklemmstelle, um Regenwasser fernzuhalten. Recht interessant erscheinen die Versuche, die Al-Cu-Klemmen in Verbindung mit Schlußbundklemmen herauszubringen. Von mehreren Firmen sind brauchbare Lösungen herausgebracht worden (Abb. 4).

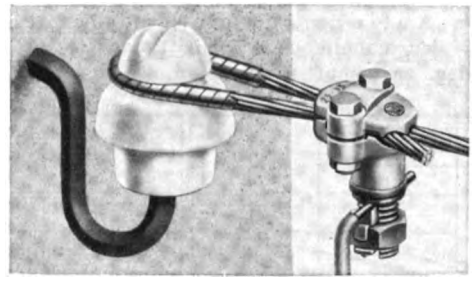


Abb. 4. Beispiel einer Aluminium-Kupfer-Klemme in Verbindung mit einer Schlußbundklemme.

Stahl-Aluminium-Seil.

Die Verwendung kleiner Stahl-Aluminium-Querschnitte bietet für Mittelspannungsleitungen erhebliche Vorteile[4]). Bei Niederspannungsleitungen bringt nur der Einbau von 16 mm² Stahl-Aluminium (Spannweiten 40 bis 60 m) gegenüber 25 mm² Aluminium bei untergeordneten Stichen wirtschaftliche und technische Vorteile. Bei größeren Querschnitten sind die Stahl-Aluminium-Leitungen stets um etwa 3 bis 5 % teurer. Auch bei Wahl größerer Mastabstände — falls diese überhaupt örtlich durchführbar sind — ergibt sich kein geringerer Mehrpreis, da die dann eintretenden erhöhten Mastkosten die sonstigen Ersparnisse aufheben. Bei Gebirgsdörfern mit häufig wiederkehrender Rauhreifbildung ist die Verwendung von Stahl-Aluminium-Seil recht empfehlenswert, da die zulässigen VDE-Zusatzlasten bei Stahl-Aluminium-Seil, auf die Dauerzugfestigkeit bezogen, zwei- bis dreimal größer sind. Auch bei Schwierigkeiten mit Grundstückseigentümern dürfte das Stahl-Aluminium-Seil mitunter überlegen sein. Der Einbau von 16 mm² Stahl-Aluminium als Hausanschlußleitung bietet wegen der weitaus größeren mechanischen Festigkeit gegenüber Aluminiumseil wesentliche Vorteile. Bei einlagigem Stahl-Aluminium-Seil (16 bis 50 mm²) ist die Belastung auf unter 35 A zu beschränken, da sonst starke zusätzliche Leistungs- und Spannungsverluste durch die Stahlseele auftreten[5]).

Einschränkung der Ausschaltungen.

Während in früheren Jahren auch in dicht besiedelten Gebieten Abschaltungen zu bestimmten Tageszeiten noch vorgenommen werden konnten, werden jetzt die Abschaltungen infolge der starken Durchdringung der Haushalte mit Elektrizität immer schwerwiegender. Um sie nach Möglichkeit einzugrenzen, sind an allen wichtigen Verteilungspunkten Masttrennschalter einzubauen, die Ortsnetzleitungen nach Möglichkeit zu vermaschen und u. U. Maschennetzsicherungen anzubringen, die nur die fehlerhafte Leitung ausschalten. Weitere Hilfsmittel sind gute Mastpflege, häufige Ausästung der Bäume und die Feuerverzinkung sämtlicher im Ortsnetz einzubauender Eisenteile. Als Masttrennschalter ist eine recht kräftige Bauart mit einwandfreiem Feder- und Kontaktwerkstoff für den Betrieb sehr wertvoll. Bei Stützenisolatoren ist der Einbau im Querschnitt viereckiger Stützen, deren Holzgewinde nicht zu schroff einsetzt, wegen der erhöhten Festigkeit empfehlenswert. Dem Einbau von ausreichenden Erdungen sollte erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Erdungen sind regelmäßig auf ihren Schutzwert nachzuprüfen.

[4]) P. Perlick, VDE-Fachberichte (1936) S. 29.
[5]) P. Perlick, VDE-Fachberichte (1936) S. 29.

Digitized by Google

Ortsnetzverstärkungen.

Durch die verbesserte Wirtschaftslage und die erfolgreiche Werbung der Elektrizitätswerke ist der Anschlußwert und die Belastung mancher Ortsnetze — insbesondere derjenigen mit Kleinindustrie — ganz bedeutend gegenüber den früheren Jahren gestiegen. Bei älteren Ortsnetzen müssen daher häufig Verstärkungen erwogen werden. Das Auflegen größerer Querschnitte ist wohl der naheliegende Schritt, dürfte aber nicht immer der wirtschaftlichste sein. Wie Abb. 5 zeigt,

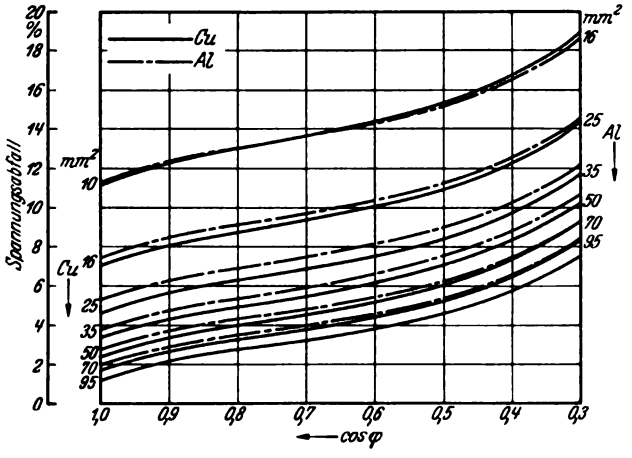


Abb. 5. Abhängigkeit des Spannungabfalls von Leiterquerschnitt und Leistungsfaktor für 10 kW, 1000 m und 400 V.

nimmt der Spannungsabfall bei größer werdendem Querschnitt infolge des sich nur unwesentlich ändernden induktiven Widerstandes weit weniger ab als der Querschnittsverstärkung entspricht. Außerdem nimmt der Spannungsabfall stark mit abnehmendem Leistungsfaktor zu. Bei schlechtem Leistungsfaktor kann daher durch Aufstellung von Kondensatoren der Spannungsabfall wesentlich verringert werden. An einer 1000 m langen Leitung von 35 mm² Cu und einer Belastung von 10 kW nimmt der Spannungsabfall bei $\cos\varphi = 0{,}6$ und 400 V einen Wert von 6,18 % an. Bei Kompensierung auf $\cos\varphi = 0{,}95$ fällt der Spannungsabfall bei der gleichen Leistung auf 3,8 %. Bei der Querschnittsverstärkung müßte — um den gleichen Erfolg zu erzielen — ein Querschnitt von 95 mm² Cu genommen werden. Wie das Beispiel zeigt, wird durch den Einbau der Kondensatoren erheblich an Kupfer, Devisen und — bei langer Zuleitung — auch an Kosten gespart. Werden viele Ortsnetze auskompensiert, so werden auch zwangläufig die Verluste und Spannungsabfälle in den Hochspannungs-Umspannern und Leitungen merkbar geringer. Da die Kondensatoren selbst nur sehr geringe Verluste verursachen und robust gebaut sind, sollte ihr Einbau mehr als bisher gefördert werden.

Bei Ortsnetzen mit niedriger Gebrauchsspannung und guten Entwicklungsaussichten ist stets zunächst die Spannungserhöhung des gesamten Ortsnetzes oder eines Teiles desselben in Erwägung zu ziehen. Je eher die Spannungserhöhung durchgeführt wird, um so geringere Kosten verursacht sie im allgemeinen, da im Laufe der Jahre die Zahl der elektrischen Geräte immer mehr zunimmt und dadurch die Umstellungskosten stark ansteigen. Der Anstieg ist in vielen Fällen stärker als der Zinsverlust durch die vorzeitige Umstellung. Die Umstellung des Ortsnetzes ist zweckmäßigerweise mit einer Überholung, insbesondere der vielfach unzulänglichen Hausanschlüsse zu verbinden.

Ist in dem Ortsnetz Gleichstrom vorhanden, so kann eine Umstellung auf Drehstrom[6]) zweckmäßig sein. In vielen Fällen ist die Kupfermenge des alten Gleichstromnetzes größer als diejenige des neu zu bauenden Drehstromnetzes, so daß, wenn die Überwachungsstelle mit dem Neubau des Netzes in Kupfer einverstanden ist, der deutschen Wirtschaft zusätzliche Kupfermengen zur Verfügung gestellt werden können. In jedem einzelnen Falle muß jedoch eine genaue Wirtschaftlichkeitsberechnung über die Zweckmäßigkeit der Umstellung entscheiden. Die zukünftige Entwicklung muß hierbei berücksichtigt werden.

Messungen in Ortsnetzen mit starker Herdbelastung haben ergeben, daß der Nulleiterstrom fast die gleichen Werte[7]) annimmt wie der Phasenstrom. Es ist daher unbedingt darauf zu achten, daß bei neuen Netzen der Nulleiter in den gleichen Querschnitten ausgeführt wird wie die Phasenleiter. In alten Ortsnetzen empfiehlt es sich oft, bei Spannungsklagen zunächst die Nulleiter zu verstärken.

Die Versorgung von Ortsnetzteilen über Niederspannungsregler wird in den meisten Fällen nur als Zwischenlösung angesehen. Bei stärkerer Besiedlung des in Frage stehenden Ortsnetzteiles wird, wenn eine allgemeine Ortsnetzverstärkung keinen ausreichenden Erfolg verspricht, die Planung zusätzlicher Transformatorenstationen ins Auge gefaßt. Die Eisenverluste werden meistens nicht bedeutend höher sein, da die Umspannerleistung der zwei Stationen nicht sehr viel höher zu sein braucht als die Leistung der alten und da außerdem die nicht unbeträchtlichen Verluste des Niederspannungsreglers fortfallen.

In Deutschland ist noch immer eine nicht unbeträchtliche Anzahl kleiner Ortschaften unversorgt. Ein wirtschaftlicher Anschluß kann einerseits dadurch erzielt werden, daß die Baukosten durch Vereinfachung der Versorgung, z. B. durch die Einführung der Zwei-Phasen-Versorgung[8]), verbilligt werden. Diese Versorgungsart kann jedoch bei stärkerer Entwicklung des Gebietes nicht unerhebliche zusätzliche Aufwendungen mit sich bringen. Außerdem sind bei ausgedehnten Ortsnetzen die Spannungsabfälle bei den üblichen Querschnitten und der üblichen Wechselspannung von 220 V vielfach zu groß, und es müssen höhere, nicht genormte Verbraucherspannungen gewählt werden. Anderseits kann der Anschluß mancher Ortschaft und Siedlung im üblichen Dreiphasensystem noch wirtschaftlich vertreten werden, wenn — bei tatkräftiger Mitwirkung der neuen Abnehmer — die elektrische Energie weitgehend auch zur Deckung des Kraft- und Wärmebedarfes herangezogen wird.

Zusammenfassung.

Die mitgeteilten Untersuchungen von Aluminiumdrähten in verdünnter Salzsäure und Natronlauge lassen erkennen, daß gepreßte Aluminiumdrähte eine höhere Witterungsbeständigkeit aufweisen werden als gewalzte Drähte. Die Aluminiumklemmen müssen u. a. große Auflageflächen, hohen, nicht nachlassenden Anpreßdruck, Schutz vor Eindringen von Wasser und Auswaschen von Fett besitzen. Für Aluminium-Kupfer-Klemmen eignet sich die Kunstharzumpressung der Verbindungsstelle. Stahl-Aluminium-Seile 16 mm² bieten für Ortsnetze Vorteile. Die Leistungsfähigkeit von Ortsnetzen kann u. a. auch wirtschaftlich durch den Einbau von Kondensatoren erhöht werden.

[6]) E. Krohne, VDE-Fachberichte (1934) S. 25.
[7]) E. W. Hamburg, Elektr.-Wirtsch. 32 (1933) S. 160.
[8]) W. Bolling, VDE-Fachberichte (1936) S. 18.

Digitized by Google

Kabelbetrieb.

E. von Wiarda VDE, Berlin.

621. 315. 21. 004. 1

Übersicht. Zunächst wird geschildert, welchen Einflüssen die Kabel im laufenden Betrieb unterworfen und welche Gesichtspunkte dementsprechend beim Betrieb zu beachten sind. Anschließend wird an Hand der Betriebserfahrungen insbesondere älterer Kabelnetze das Verhalten dieser Netze erläutert. Gleichzeitig werden die Maßnahmen aufgezeigt, die zur Erhöhung der Betriebssicherheit bzw. Herabsetzung der Fehlerzahlen und damit zur Verlängerung der Lebensdauer der Kabelnetze führen. Hierbei werden vorwiegend die Verhältnisse städtischer bzw. großstädtischer Kabelnetzanlagen — insbesondere der Berliner Kraft- und Licht(BEWAG)-AG — betrachtet.

Belastung und Ausnutzung der Niederspannungskabel.

Ein neues, richtig hergestelltes und verlegtes Kabel ist im Betrieb nur bezüglich seiner Beanspruchung durch den Strom zu überwachen. In der höchsten Belastungszeit darf der nach der VDE-Vorschrift zulässige Strom nicht überschritten werden. Das Kabel mit wechselnder Belastung hat aber bei Erreichen des Nennstromes seine Höchsttemperatur noch nicht erlangt. Da die Erfahrung außerdem gezeigt hat, daß Niederspannungskabel gegenüber kurzzeitigen auch höheren Überlastungen verhältnismäßig wenig empfindlich sind, können bei diesen Kabeln Überlastungen in gewissen Grenzen ohne Bedenken hingenommen werden. Die Überwachung kann sich auf die einmalige Höchstbelastung während der Winterspitze beschränken.

Belastungsmöglichkeit der Hochspannungskabel.

Bei Massekabeln mit Betriebsspannungen von etwa 25 kV ab kann bereits eine einmalige Überlastung zu der gefürchteten Hohlraumbildung[1]) führen, so daß es nur noch für eine niedrigere Betriebsspannung brauchbar ist. Diese Kabel müssen also einer ganz besonderen Überwachung bezüglich der Überlastung unterworfen werden. Schwierige Verhältnisse treten auf, wenn das Kabel infolge einer Störung plötzlich eine stark erhöhte Last übernehmen muß, die oberhalb des Nennstromes des Kabels liegt. Wie die Abb. 1 zeigt, ist ein 30 kV-Cu-Kabel nach VSK 28 für kurze Zeit überlastbar. Nach Vorbelastung liegt eine 30proz. etwa ¼ h währende Überbelastung in der Morgenspitze; das Kabel erreicht gerade die Höchsttemperatur.

Zur Messung der Kabeltemperatur sind Verfahren entwickelt worden, die mittelbar die Temperatur-Ablesung ermöglichen, um rechtzeitig das Kabel abschalten zu können[2]). Diese Verfahren können auch mit selbsttätiger Warnung bzw. Abschaltung ausgebildet werden.

Unabhängig von den oben geschilderten Einflüssen der eigenen Belastung kann durch äußere Umstände eine schädliche Kabelübertemperatur hervorgerufen werden. Ein Dampfrohr, das nachträglich mit schlechter Isolierung in der Nähe des Kabels verlegt wird, hat in manchen Fällen den Anlaß zu einem Kabelfehler gegeben. Auch das Hinzulegen weiterer Kabel in einen Kanal oder einen Graben kann zu Übertemperaturen führen. Das Kabel ist außerdem den Einflüssen in der Erde bzw. der Umgebung unterworfen. Feuchtigkeit und Wärme können neben der Zerstörung der Armierung die Bleimäntel zu frühzeitiger Korrosion bringen. Die geschilderten äußeren Einflüsse führen auch bei Niederspannungskabeln zur Zerstörung.

Als weitere Fehlerquelle seien die Beanspruchungen von Hochspannungskabeln durch unzulässig hohe Spannungen erwähnt. Buß und Vogel berichteten erstmalig über Stoßspannungsversuche[3]). Geringfügige Überbeanspruchungen, durch Schaltvorgänge im Netz veranlaßt, scheinen durch ihre stete, wenn auch nicht hohe, Beanspruchung des Isolierstoffes auf die Dauer zu Kabelfehlern führen zu können, wenn die Isolation nicht ganz einwandfrei ist.

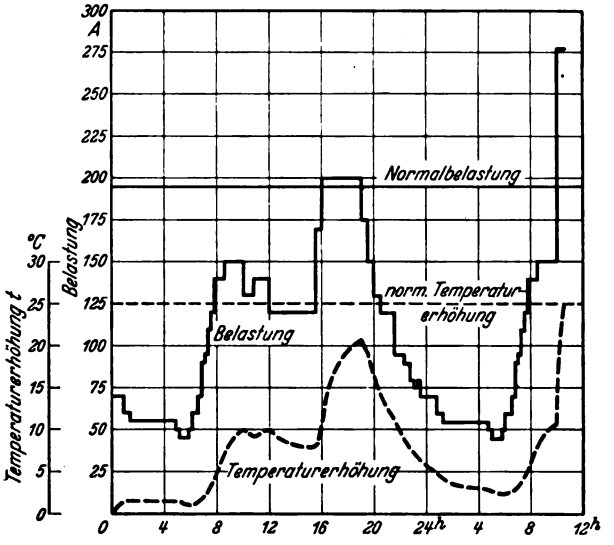


Abb. 1. Temperaturerhöhung bei veränderlicher Belastung (H-Kabel 3×95 mm² für 30 kV).

Kabel, die schon länger liegen und demnach auch nach früheren nicht so gut durchgebildeten Verfahren hergestellt und verlegt wurden, weisen außer diesen Mängeln auch Alterungserscheinungen auf; ihnen gilt die besondere Aufmerksamkeit des Betriebes.

Alte Gleichstrom-Kabelnetze.

Ganz besondere Beachtung verdienen die Gleichstrom-Kabelnetze, die oft noch aus den Anfangszeiten der öffentlichen Stromversorgung stammen und daher ein Alter von 30 bis 50 Jahren haben. Neben unvollkommenen Herstellungsverfahren, die jedoch zum geringsten Teil zur Fehlerhäufigkeit beitragen, sind es besonders die Muffen sowie die ungeeignete Verlegungsart, die zu Fehlern Anlaß geben. Fehler im Gleichstromkabel können dadurch auftreten, daß der Bleimantel Spannung annimmt und zur Korrosion der Bleimäntel und zu Anschmorungen an den verschiedensten Stellen benachbarter Kabel führt. Um in dem speisenden Werk jeden Fehler sofort zu erkennen, ist eine Durchverbindung sämtlicher Bleimäntel in den Muffen notwendig. In einzelnen, besonders gelagerten Fällen kann es möglich sein, die einzelnen, isoliert betriebenen Bleimantelstrecken durch besondere Vorrichtungen auf dem fehlerhaften Abschnitt an Erde zu legen und damit weitere Auswirkungen des Fehlers zu vermeiden[4]). Auch gilt das in vielen Fällen verwendete Prüfdraht-Signal-System, bei dem eine in allen Kabeln mitgenommene isolierte Ader Spannung annimmt, die Möglichkeit, auftretende Fehler frühzeitig zu erkennen.

Speisekabel dürfen mit anderen Speisekabeln nicht in metallischer Berührung stehen. Die Gleichstrom-Speise-

[1]) Siehe S. 1407 dieses Heftes.
[2]) Rottsieper, Elektr. Bahnen 8 (1932) S. 90; BBC-Nachr. 22 (1935) S. 53.
[3]) VDE-Fachberichte (1935) S. 61.
[4]) Dräger, ETZ 53 (1932) S. 455.

Digitized by Google

kabel werden daher bei Einführung in das speisende Werk sofort mit blanken Schienen verbunden, die zu der möglichst in der Nähe befindlichen Verteilungsschaltanlage führen. Bei Fahrdammkreuzungen müssen an dieser Stelle, genau wie an anderen wichtigen Überwegen, die Kabel in Isolierrohren, z. B. Asbestzementrohren, verlegt werden, damit der Fehler an einem Kabel die übrigen Kabel nicht gefährden kann.

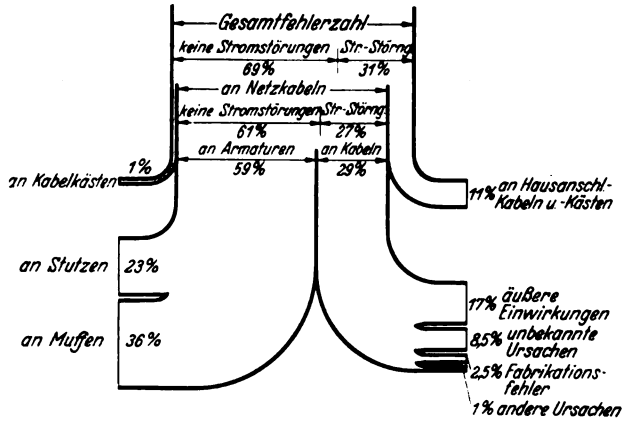


Abb. 2. Fehler im Gleichstromnetz der BEWAG 1935.

Eine weitere Möglichkeit, größeren Störungen vorzubeugen, besteht in der Feststellung fehlerhafter Stellen durch eine Spannungsprüfung. Bei der BEWAG wurden z. B. sämtliche 1530 Gleichstrom-Speisekabel-Strecken je nach der Stärke der Isolation mit 2 bzw. 5 kV Gleichstrom geprüft. Durch Beseitigung der hierbei festgestellten Fehler und die dabei vorgenommenen Verbesserungen wurde erreicht, daß die Zahl der Kabelstörungen in den folgenden Jahren jeweils nur rd. 50 % der jährlichen Anzahl vor der Prüfung betrug und damit praktisch auf gleicher Höhe mit der prozentualen Fehlerzahl der Drehstrom-Niederspannungsnetze lag. Größere Störungen an Gleichstromspeisekabeln sind nach der Prüfung und den erfolgten Verbesserungen nicht mehr vorgekommen. ⅓ der bei der Prüfung gefundenen Fehler war auf frühere mechanische Beschädigung zurückzuführen, während der Rest sich gleichmäßig auf Fehler der Isolation bzw. des Bleimantels verteilte. ¼ der Fehler lag in den Zubehörteilen, ¾ in den Kabeln selbst. Der beträchtliche Anteil des Zubehörs ist auf die ungeeignete Durchbildung und Verlegung der Zubehörteile der alten Netze zurückzuführen. Bei der Neuverlegung wird besonders darauf geachtet, daß keine Berührung zwischen den Eisenbandarmierungen und den Bleimänteln stattfindet.

Da die Kabelkästen häufig zu Störungen Anlaß gaben, wurde die alte Hartgummiisolation der Sammelschienenbolzen durch Porzellanisolatoren ausgewechselt. Ebenso bringt der Ersatz der Hartgummiisolation der Stutzendurchführungen durch Steatit eine Beseitigung der an dieser Stelle früher häufig aufgetretenen Fehler. Schließlich sorgte noch eine neue Ausführung der Prüfdrahtklemmen dafür, daß auch hier Fehler nicht mehr auftraten. Durch diese Maßnahmen ging bisher die Zahl der Kastenfehler um 75 % und der Stutzenfehler um 35 % zurück. Damit ging der Anteil der Kastenfehler einschl. Stutzen an der Gesamtfehlerzahl des Gleichstromnetzes von 40 % auf 24 % zurück.

Abb. 2 gibt eine Übersicht über die im Jahre 1935 im Gleichstromnetz der BEWAG aufgetretenen Fehler in bezug auf Ursache und Auswirkung. Die Zahl der gesamten Gleichstrom-Netzstörungen hat sich im Laufe der letzten vier Jahre laufend um 25 % vermindert. Gleichzeitig ist damit erreicht, daß neben einer Senkung der Betriebskosten die Zahl der Störungen je 100 km und Jahr nur noch rd. zwei beträgt.

Im Drehstrom-Niederspannungsnetz, das in den meisten Fällen ein Höchstalter von rd. 30 Jahren hat, ist die Fehlerzahl wesentlich geringer als im Gleichstromnetz; sie beträgt im allgemeinen unter einem Fehler je 100 km Kabellänge und Jahr. Die Hälfte der Fehler entfällt auf die Kabel selbst, während die übrigen Fehler an den Zubehörteilen auftreten. Rd. ⅓ aller Fehler ist auf äußere Einwirkungen zurückzuführen, was bei großstädtischen Kabelnetzen mit ihren häufigen Aufgrabungen der verschiedenen Verwaltungen verständlich erscheint.

Ausbrennkabel.

Neuerdings gewinnt die Fähigkeit der Niederspannungs-Drehstromkabel, bei auftretenden Fehlern selbsttätig zum Verlöschen des Kurzschluß- bzw. Erdschluß-Lichtbogens zu gelangen, an Bedeutung[5]). In neuzeitlichen Maschennetzen wird von dieser Ausbrennfähigkeit der Kabel Gebrauch gemacht, da durch Fortfall der Kabelsicherungen eine Verbilligung der Anlagen sowie eine erhöhte Betriebssicherheit erreicht wird. Da sich die einzelnen Kabelarten nach den ausgedehnten Versuchen der BEWAG bei verschieden hohen Kurzschlußbeanspruchungen nicht gleichmäßig verhalten[6]), ist es notwendig, bei Neuverlegungen auf die betriebliche Eigenschaft der Kabel zu achten, um bei der zukünftigen Vermaschung eines Netzes günstigere Verhältnisse vorzufinden.

Hochspannungskabelfehler.

Bei den Hochspannungskabeln bis rd. 20 kV liegen die Verhältnisse ähnlich bzw. noch günstiger als bei den Niederspannungskabeln. Die Fehlerhäufigkeit liegt ebenfalls bei rd. 1 Fehler je 100 km und Jahr. Bei der BEWAG liegt die Fehlerzahl der 6 kV-Kabel seit Jahren unter 0,5 Fehler/km/Jahr. Bei diesen Kabeln ist die Fehlerursache bei rd. 50 % der Fehler äußere Einwirkung. Trotzdem auch hier die Kabel zum Teil schon ein Alter von über 30 Jahre erreichen, sind noch keine Erscheinungen zu beobachten, die auf eine Alterung im Betrieb zurückzuführen sind. Eine Überwachung im Betrieb durch Spannungsprüfungen ist daher hier ebensowenig notwendig wie bei den Drehstrom-Niederspannungskabeln. Bei den älteren Muffen treten gelegentlich Fehler infolge Feuchtigkeit auf, die durch Risse in der harten schwarzen Masse eintreten konnte, an deren Stelle heute allgemein eine zähere Masse verwendet wird.

Verhalten der Kabel höherer Spannung im Betrieb.

Im folgenden soll über den Betrieb von 25 kV- bzw. 30 kV-Kabeln berichtet werden, von denen in Deutschland über 3500 km als Massekabel verlegt sind[7]). Beson-

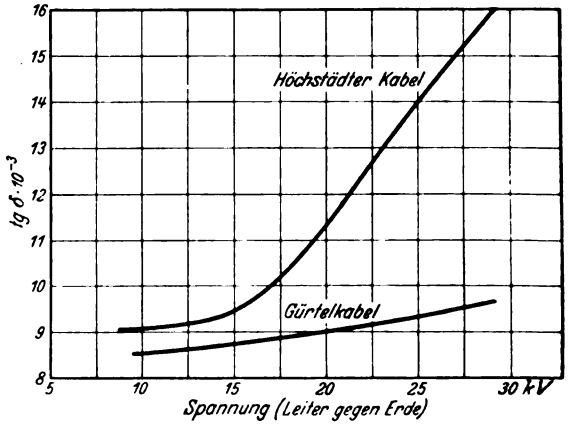


Abb. 3. Verlustkurven von Kabeln verschieden guter Fertigung für 30 kV.

ders reichhaltige Erfahrungen besitzt die BEWAG mit einem Netz von rd. 1000 km 30 kV-Kabel, von denen ein Teil bereits über 25 Jahre in Betrieb ist.

An Hand von zwei besonders krassen Beispielen soll zunächst gezeigt werden, daß wichtiger als die Frage des

[5]) Siehe S. 1405 dieses Heftes.
[6]) Freiberger, Elektr.-Wirtsch. 29 (1930) S. 282.
[7]) Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 618.

Digitized by Google

Aufbaues dieser Kabel die Güte des verwendeten Werkstoffes ist. Abb. 3 zeigt die Verlustkurve eines Gürtelkabels nach über 20 Betriebsjahren sowie eines Höchstädter-Kabels nach erst vier Betriebsjahren. Trotz der theoretisch günstigeren Beanspruchung des Dielektrikums zeigt das H-Kabel infolge des verwendeten schlechten Werkstoffes einen sehr schlechten Verlauf der Verlustkurve. Der gute Verlauf der Verlustkurve des Gürtelkabels beweist, daß sich ein Massekabel auch als Gürtelkabel im Laufe vieler Betriebsjahre infolge der Eignung der Werkstoffe bewähren kann. Der Befund des alten Gürtelkabels zeigte eine gewisse Alterung des Isolierstoffes, trotzdem die dielektrische Festigkeit nicht gelitten hatte. Über die betriebliche Wertigkeit eines Hochspannungskabels darf deshalb ein Urteil nicht nur nach dem Zustand des Isolierstoffes abgegeben werden. Ebenso falsch ist es aber auch, die Verlustkurve als einzigen Wertmaßstab zu betrachten; denn es sind Kabel seit Jahren ohne jeden Fehler in Betrieb, deren Verlustkurve einen ungünstigen Verlauf zeigt. Fallen jedoch auftretende Fehler, eine schlechte Verlustkurve und mangelhafte Beschaffenheit der Isolierung zusammen, so muß ein derartiges Kabel aus dem Betrieb genommen werden, da laufend weitere Fehler zu erwarten sind. Das Kabel ist für eine niedrigere Betriebsspannung meist noch verwendungsfähig.

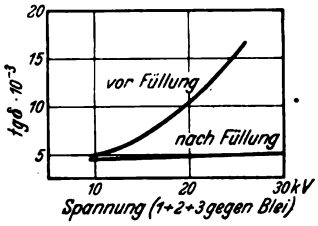


Abb. 4. Einfluß der Füllung eines hochgelegenen Endverschlusses mit Kabeltränkmasse.

Durch Aufnahme der Verlustkurven der verlegten Kabel hat der Betrieb die Möglichkeit, das Verhalten der Kabel laufend zu überwachen. Es empfiehlt sich nur diejenigen Kabel in gewissen Abständen zu prüfen, bei denen sich in irgendeiner Hinsicht Anstände gezeigt haben. Bei den übrigen Kabeln genügt eine zweite Verlustmessung nach einigen Jahren. Auch die nach jeder Arbeit an den Kabeln vorzunehmende Prüfung mit hochgespanntem Gleichstrom gibt unter Umständen die Möglichkeit, in kurzer Zeit bevorstehende Fehler rechtzeitig zu erkennen.

Bei ganz kurzen Kabelstrecken kann es unter Umständen möglich sein, durch zusätzliche Maßnahmen das schlechte Dielektrikum wieder so weit zu verbessern, daß das Kabel für die ursprünglich vorgesehene Betriebsspannung wieder voll betriebsfähig wird. Bei Kabeln innerhalb von Schaltanlagen, die einen großen Höhenunterschied innerhalb des Gebäudes zu überwinden haben, hatte sich die Tränkmasse aus dem oberen Kabelstück allmählich nach unten verlagert. Da die Endverschlüsse mit einer harten Masse, die nicht in das Kabel eindringen konnte, gefüllt waren, traten Hohlräume unterhalb der Endverschlüsse auf. Durch Auswechseln der Masse in den Endverschlüssen gegen eine der Kabeltränkmasse ähnliche Masse wurde erreicht, daß die Tränkmasse auch in das Kabel selbst eindrang. Die Abb. 4 zeigt die Verlustmessung an einem derartigen Kabel vor der Füllung mit der neuen Tränkmasse und elf Monate nach der Füllung.

30 kV-Fehlerstatistik.

Im Kabelbetrieb kommt es darauf an, jeden einzelnen Fehler auf das genaueste zu untersuchen. Bei Kenntnis des Zustandes des Gesamtnetzes und der einzelnen Kabel ist es dann möglich, aus den Fehlern die notwendigen Schlüsse zu ziehen. Daraufhin können rechtzeitig Maßnahmen ergriffen werden, die eine Herabsetzung der Fehlerzahlen ermöglichen bzw. ein höheres Ansteigen der Fehlerzahlen vermeiden. Im Betrieb werden stets neue

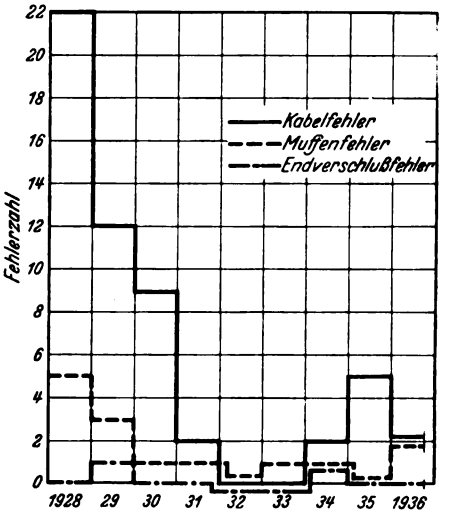


Abb. 5. Fehlerzahl der 30 kV-Netzkabel der BEWAG je 100 km und Jahr.

Erscheinungen auftreten, die frühzeitig bemerkt werden müssen, damit ihren Auswirkungen rechtzeitig entgegengetreten werden kann. Abb. 5 zeigt als Beispiel, wie es durch die verschiedensten Maßnahmen möglich war, die Fehlerzahlen des 30 kV-Kabelnetzes der BEWAG herabzusetzen.

Starkstromkabel und Zubehör.

Von F. Otten VDE, Berlin, K. Rottsieper VDE, Berlin, und W. Vogel VDE, Köln-Mülheim.

621. 315. 21.

Übersicht. Ausgehend von den VDE-Vorschriften für Bleikabel in Starkstromanlagen wird auf den Aufbau und die Ausführungsarten der Nieder- und Mittelspannungskabel näher eingegangen. Es folgt eine Beschreibung der Höchstspannungskabel, der Ölkabel und Druckkabel, wobei die tkeoretischen Grundlagen solcher Kabel näher behandelt werden. Anschließend wird über die für Kabel notwendigen Zubehörteile ein Überblick gegeben. Der letzte Abschnitt behandelt die Leiterverbindungen.

Die große Betriebssicherheit unterirdisch verlegter Kabel, die allen schädlichen Einflüssen der Witterung wie Wind, Rauhreif und Gewitter vollkommen entzogen sind, führte zu steigender Verwendung von Kabeln für die Verteilung und Übertragung elektrischer Energie.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat für die Kabel mit Kupferleitern für Spannungen bis 60 kV die Vorschriften VDE 0255 im Jahre 1934 herausgegeben. Die Vorschriften VDE 0260 für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern sind seit dem 1. 11. d. J. in Kraft[1]). In diesen Vorschriften sind die praktischen Erfahrungen der Kabelverbraucher und die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Herstellerlaboratorien der letzten Jahre weitgehend berücksichtigt. Alle notwendigen allgemeinen Daten über den Aufbau, die Abmessungen und Prüfvorschriften, sowie Angaben über die Belastungsmöglichkeiten der verschiedenen Kabelausführungen sind dort zu finden.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 28, S. 819, und ETZ 57 (1936) H. 43, S. 1251.

Digitized by Google

Nieder- und Mittelspannungskabel.

Aufbau der Papierbleikabel.

Nach VDE 0255/1934 wird empfohlen, bei Querschnitten von 25 mm² an für Spannungen bis 10 kV anstatt der Rundleiter Sektorleiter zu verwenden. Nach den neuen Vorschriften für Aluminiumkabel werden Sektorleiter bei Querschnitten von 50 mm² an für Spannungen bis 10 kV vorgeschrieben. Maßgebend für die neuen Vorschriften über die Drahtzahlen waren einerseits die verschiedenen Eigenschaften der beiden in Frage kommenden Leiterstoffe Kupfer und Aluminium, anderseits die Tatsache, daß bei Aluminium für die Herstellung der Leiterverbindungen z. B. durch Klemmen, Weichlöten oder Schweißen solche mit starken Einzeldrähten vorteilhafter sind. Die Anwendung der Sektorleiter bietet außer den bekannten wirtschaftlichen Vorteilen durch die Verminderung des Gesamtquerschnitts auch Vorteile in elektrischer Hinsicht, die weiter unten noch näher erläutert werden.

Die Isolationspapiere, die in ihren Stärken etwa zwischen 0,08 und 0,2 mm schwanken, bestehen vorwiegend aus ungeleimtem Papier aus Natronzellulose. Die Papierbänder werden auf Spinnmaschinen manchmal überlappend, meistens aber nebeneinander in vielen Lagen aufgebracht, wobei der Wicklungssinn der Lagen periodisch wechselt. Die Isolationsstärke richtet sich nach der Spannung, wobei man gewisse Annahmen über die höchst zulässige elektrische Beanpruchung zugrunde legt, die durch Versuche und aus Betriebserfahrungen ermittelt wurden. Bei Niederspannungskabeln ist die Isolationsdicke in erster Linie aus mechanischen Gründen nach unten zu begrenzt. Die elektrische Festigkeit würde nur etwa zwei bis drei Papierlagen zur Isolation verlangen.

Bevor die Isolationspapiere imprägniert werden, muß ihnen die Feuchtigkeit, die etwa 6 bis 10 % ihres Gewichts ausmacht, entzogen werden, und zwar geschieht dieses mit Hilfe von hohem Vakuum und bei etwa 110 ° C. Nach dem Trocknen werden die Papiere mit Imprägniermitteln bei etwa derselben Temperatur imprägniert. Die Imprägniermittel, Mineralöle, mit oder ohne Zusatz, müssen im warmen Zustand so dünnflüssig sein, daß sie bei Imprägniertemperatur leicht in die Papierschichten eindringen können. Nach dem Imprägnieren läßt man die Kabel möglichst langsam abkühlen, damit der Schwund der Tränkmasse (Temperaturausdehnungszahl etwa 0,7 ‰/° C) nicht zur Hohlraumbildung führt. Darauf umpreßt man die erkalteten Kabel in einer Bleipresse mit einem nahtlosen Bleimantel.

Bei Verlegung solcher Kabel in Erde muß der Bleimantel durch besondere Maßnahmen gegen Irrströme oder gegen chemische Angriffe geschützt werden. Im allgemeinen besteht der Korrosionsschutz aus Bitumenschichten mit mehreren dazwischenliegenden imprägnierten Papierstreifen, über denen gelegentlich noch geteerte Jute oder ein anderer Faserstoff als Polster verwendet wird.

Gegen mechanische Beschädigungen wird darüber eine Bewehrung aus Eisen in Draht- oder in Bandform aufgebracht. Die teure Ausführung aus zusammengelegten Rund-, Flach- oder Profileisen wird meistens nur für Kabel angewendet, die starken mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Im allgemeinen begnügt man sich mit zwei flachen Bandeisen, die gegeneinander versetzt um das Kabel gewickelt werden. Für Einleiterkabel in Wechselstromanlagen darf nur unmagnetischer oder schwachmagnetischer Werkstoff verwendet werden. Über der Bewehrung folgt als äußere Bedeckung noch eine Lage geteerte Jute.

Die für das Isolationspapier benutzten Imprägniermittel sind heute meistens Öl-Harz-Kompounde, deren Zusammensetzung dem Verwendungszweck der Kabel angepaßt ist. Zur Tränkung der äußersten Juteschicht nimmt man statt der früher verwendeten gewöhnlichen Gasteere nur Sonderteere oder Bitumen, deren Brennbarkeit beispielsweise bei freiverlegten Kabeln in Bergwerken untertage durch Zusatz von chlorierten Stoffen herabgesetzt wird.

Drehstromkabel.

Grundsätzlich werden bei diesen Kabeln entweder die drei Phasen unter einem gemeinsamen Bleimantel vereint, z. B. beim Gürtel- oder H-Kabel, oder es wird jede Phase für sich mit einem Bleimantel umgeben, so daß drei Einleiterkabel entstehen. Diese Leiter kann man nun entweder getrennt voneinander verlegen oder aber miteinander verseilen, wodurch das sogenannte Dreibleimantelkabel entsteht. Für Spannungen bis 20 kV werden meistens Drehstromkabel mit Gürtelisolation verwendet, bei denen neuerdings der größte Teil der Isolation auf die Ader und der kleinere Teil auf den Gürtel entfällt. Wie aus der Abb. 1 zu ersehen ist, haben Kabel mit sektorförmigen Leitern den Vorzug des kleineren Durchmessers und damit geringeren Gewichts. Ferner hat aber das Sektorkabel noch Vorzüge in elektrischer Hinsicht. Die beim Verseilen der Einzeladern auftretenden Lücken (Trensenräume oder Zwickel) werden nämlich mit Beilauf ausgefüllt, der in der Regel aus Papierkordeln besteht. Indem man den sektorförmigen Leiter bevorzugt, kann man diese unerwünschten Zwickel, die sich vor allem bei höheren Spannungen im Hinblick auf die Sicherheit der Isolation unangenehm bemerkbar machen, fast vermeiden. Um bei der Verseilung der Einzelsektoradern zum Drehstromkabel ein Verdrehen und somit eine mechanische Beanspruchung der Papierisolation zu vermeiden, werden die Leiter der Einzeladern bereits vor der Umspinnung vordralliert, so daß bei der Verseilung der Adern keine Verformung mehr eintritt.

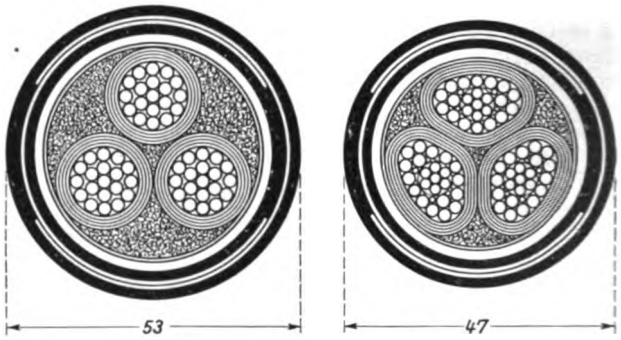
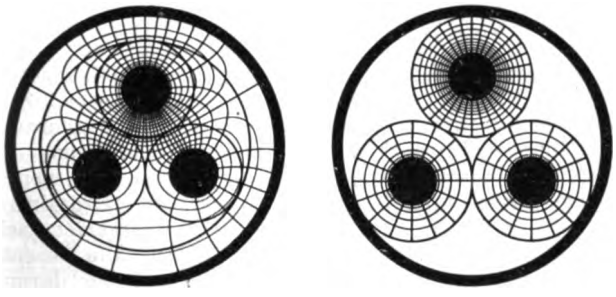


Abb. 1. Größenvergleich von Kabeln gleichen Querschnitts (3 × 95 mm², 6 kV) mit Rund- und Sektorleitern.

Für Spannungen über 20 kV ist man von Gürtelkabeln abgekommen, weil bei der ungünstigen elektrischen Feldverteilung im Gürtelkabel die Papierschichten an den Berührungsstellen der Adern konzentriert und auch zum Teil in Richtung der geringsten Durchschlagfestigkeit, also tangential beansprucht werden (Abb. 2 a). Die elektrische Festigkeit des tangential, also des parallel zur Schichtung beanspruchten Papiers beträgt nur etwa $^1/_{10}$ der elektrischen Festigkeit senkrecht zur Papierschichtung. Infolge dieser ungünstigen Beanspruchung treten bei hohen Betriebsspannungen im Laufe der Zeit in den Grenzschichten der Aderumspinnung Verbrennungserscheinungen auf, die den Durchschlag des Kabels einleiten. Man hat daher die Aderisolation gegenüber der verringerten Gürtelisolation, die nur noch die Bedeutung einer Bandage zum Zusammenhalten der verseilten Adern hat, verstärkt. Eine Verbesserung in mechanischer Hinsicht besteht noch insofern, als die Aderisolation des geringen Durchmessers wegen viel weniger beim Biegen gefährdet ist als die Gürtelisolation, die bei schlechter Behandlung während der Verlegung leicht bricht.

Digitized by Google

Ein weiterer Schritt, um der Schwierigkeiten beim Betrieb mit höheren Spannungen Herr zu werden, ist die Adermetallisierung. Höchstädter hat im Jahre 1911 die isolierten Kabeladern mit metallisierter Oberfläche versehen und dann die einzelnen Phasen miteinander verseilt. Er löste damit das Dreifachkabel elektrisch gewissermaßen in drei verseilte Einzelkabel auf (Abb. 2 b). Die Stärke der mit dem obersten Papierband fest verbundenen, perforierten Aluminiumfolie ist etwa 0,02 mm. Mit dem geerdeten Bleimantel steht diese Folie in leitender Verbindung. Durch diese Adermetallisierung vermeidet man die tangentiale Beanspruchung und erzwingt drei einfache Wechselfelder, deren Feldlinien, wie aus Abb. 2 b zu ersehen ist, das Isolierpapier an allen Stellen nur noch senkrecht zur Schichtung beanspruchen.



a b

Abb. 2. Äquipotential- und Feldlinienverlauf: a im Normalkabel, b im H-Kabel.

Die gleiche Feldaufteilung wie bei den H-Kabeln wird bei den schon erwähnten Dreibleimantelkabeln erreicht. Diese entstehen durch die Verseilung dreier Einleiterkabel, wobei die Bleimäntel den gleichen Zweck erfüllen wie die Aluminiumfolien bei den H-Kabeln, nämlich die Ausschaltung des elektrisch unzuverlässigen Beilaufs und Erzielung radialer elektrischer Beanspruchung der Isolation. Das Dreimantelkabel ist wegen der besseren Wärmeableitung höher belastbar und bietet auch Vorteile hinsichtlich der einfacheren und übersichtlicheren Anordnung der Endverschlüsse, da hier nur eine einfache Endaufteilung nötig ist, deren Unterbringung auch in beengten Schaltanlagen keine Schwierigkeiten macht.

Wenn die Verseilung der Einleiterbleikabel zu unhandliche Drehstromkabel ergibt, werden nicht nur für höhere Spannungen sondern auch für niedere Spannungen bei größeren Querschnitten Einleiterkabel verwendet, von denen dann drei parallel liegende Kabel zu einem Drehstromsystem vereinigt werden. Der Vorteil des Einleiterkabels liegt in seinem geringen Gewicht, so daß sich größere Längen herstellen lassen als beim Mehrfachkabel. Die Zahl der Verbindungsstellen wird daher kleiner und die Endverschlüsse werden in ihrem Aufbau einfacher. Durch Verlegung eines vierten Einleiterkabels läßt sich leicht eine billige Reserve schaffen für den Fall, daß eines der Kabel beschädigt werden sollte. Nachteilig wirkt sich allerdings der Umstand aus, daß in den Bleimänteln der Einleiterkabel Ströme induziert werden, die zusätzliche Übertragungsverluste zur Folge haben. Weiter kommt hinzu, daß die übliche Bewehrung aus Eisen- oder Stahldrähten wie bei Mehrfachkabeln, bei denen sich das magnetische Feld nach außen hin praktisch aufhebt, hier meistens nicht aufgebracht werden kann. Man verwendet deshalb zur Bewehrung Drähte und Bänder aus Bronze, Hartkupfer, Leichtmetall oder schwachmagnetischem Eisen. Da sich diese Bewehrungen teurer stellen als solche aus üblichem Eisen, werden Einleiterkabel oft nur mit einem guten Korrosionsschutz über dem Bleimantel versehen, wobei man darauf achtet, daß das Kabel bei der Verlegung möglichst gut gegen mechanische Beschädigungen geschützt wird.

Sonderkabel.

Ausbrennkabel. — Eine besondere Niederspannungskabelart ist für die „Ausbrenn-Netze" geschaffen worden, in denen man auf selektive Abschalteinrichtungen verzichtet und Kurz- bzw. Erdschlußstörungen ausbrennen läßt. Dieses Verfahren ist vielfach in den V. S. Amerika üblich und seit einigen Jahren auch in Deutschland in einigen Netzen angewendet worden. Da der Kurzschlußlichtbogen unter der Phasenspannung leichter erlischt als unter der verketteten Spannung, hat man für diesen Zweck die Bauart des Mehrleiterkabels mit einzeln bleiumpreßten Adern und einem bleiummantelten Nulleiter gewählt. Solche Kabel besitzen eine bedeutend größere Ausbrennsicherheit als Gürtelkabel mit gemeinsamem Bleimantel, bei denen es in den meisten Fällen zum Mehrphasenkurzschluß kommt.

Schachtkabel. — Für die Verlegung in Gruben hat man besondere „Schachtkabel" entwickelt. Die Flach- oder Runddrahtbewehrung muß bei diesen so stark gewählt werden, daß sie sich mit genügender Sicherheit selbst tragen können. Als Schutz gegen saure Grubenwässer wählt man meistens eine Juteumspinnung mit einem schwer entflammbaren Sonderkompound. Für Kabel bis etwa 6 kV wird eine massearme Tränkung der Isolation angewendet. 10 kV-Kabel werden mit einem Leiter mit gutem Füllfaktor versehen und mit einer zähflüssigen Masse getränkt, um ein Abwandern zu verhindern. Derart aufgebaute Kabel können in nicht zu starken Querschnitten in Längen bis zu 600 m ohne Sperrmuffen in Schächten senkrecht verlegt werden.

Streckenkabel. — Die Streckenkabel sind im Gegensatz zu Schachtkabeln keinen hohen Zugbeanspruchungen ausgesetzt. Im allgemeinen wird man daher mit Bandeisen bewehrten Papier- oder Gummibleikabeln auskommen.

Bei einer neuen Kabelbauart mit Drahtbewehrung für rauhe Behandlung hat man die bisher übliche Flachdrahtwendel verlassen und eine Gegenwendel aus Bandeisen in offenen Schraubenwindungen doppelgängig auf das Kabel aufgebracht, da beim öfteren Umlegen die schwache Flachdrahtwendel leicht zerriß und die darunter liegende Drahtbewehrung aufkorbte. Die Bandeisenwendel hat nicht nur eine größere Festigkeit als eine solche aus Flachdraht, sondern hat auch noch den Vorteil, daß bei der Verlegung oder Umlegung des Kabels ein Hängenbleiben an vorspringenden Teilen vermieden wird.

Dehnungskabel. — Die in Grubensenkgebieten verlegten Kabel sind Zugbeanspruchungen sowie Stauchungen ausgesetzt. Man hat besondere Bauarten, sogenannte Dehnungskabel, herausgebracht, um den Ansprüchen im Bergbaugebiet zu genügen. Versuche haben ergeben, daß gewöhnliche Kabel sich etwa 2 bis 3 % dehnen ohne Schaden zu nehmen, falls eine langsame Bodenverschiebung erfolgt. Dehnungskabel können infolge ihres besonderen Aufbaues um etwa weitere 1,5 % gereckt werden. Neuerdings geht man auf Grund praktischer Erfahrungen dazu über, als Dehnungskabel auch Dreibleimantelkabel zu verwenden. In vielen Fällen wird eine Dehnungsmuffe besonders bei langsamer Verschiebung des Erdbodens ausreichen, da die Erfahrung lehrt, daß die Kabelisolation und der Bleimantel die Stauchungen und Dehnungen mitmachen, während die Kupferader sich wie in einem Bowdenzug bei Stauchung an den Enden des Kabels herausschiebt. Die Muffen nehmen nun diese Dehnungen oder Stauchungen des Kupferleiters bis zu 60 mm auf, ohne daß ein Kurzschluß oder Gehäuseschluß in der Muffe selbst auftritt.

Gummibleikabel. — Die Gummibleikabel werden hauptsächlich in solchen Fällen genommen, bei denen ein häufiges Umlegen der Kabel notwendig ist, oder dort, wo das Anbringen von besonderen Endverschlüssen an den Enden nicht gewünscht wird. Die Zwickel zwischen den

Digitized by Google

Adern der Gummikabel werden neuerdings nicht mehr mit Faserstoffen, sondern mit Gummi oder dergl. ausgefüllt, um das Eindringen von Feuchtigkeit von den Enden her zu vermeiden, die sonst zur Schimmelpilzbildung und Fäulnis und damit zur Beschädigung der Isolation führen würde. Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat in diesem Jahre Vorschriftenentwürfe für Gummibleikabel herausgegeben[2]).

Bleimantellose Kabel. — In jüngster Zeit hat man in Deutschland der Herstellung bleimantelloser Kabel besonderes Interesse zugewandt, bis jetzt haben aber die praktischen Versuche ergeben, daß keiner der zur Zeit für die Mäntel verfügbaren Werkstoffe die gleiche Widerstandsfähigkeit gegen die auf einen Kabelmantel vorkommenden Einwirkungen besitzt wie das Blei. Dies gilt insbesondere in bezug auf die Wasserdurchlässigkeit, so daß auch die Anwendung von Kunststoffmänteln für Hochspannungskabel, deren getrocknete und getränkte Papierisolation stark hygroskopisch ist, ausscheidet, da hier eine absolute Dichtheit des Mantelbaustoffes erforderlich ist, die bis jetzt nur durch die Anwendung von Blei erzielt werden kann.

Als bleimantellose Kabel kommen also nur vorwiegend außerhalb des Erdbodens verlegte Niederspannungskabel in Frage, bei denen an die Isolation keine hohen Anforderungen gestellt werden, wie dies z. B. für gummiisolierte Kabel zutrifft. Hier ergeben sich aber immerhin eine ganze Reihe von Anwendungsgebieten, bei denen die Kabel mit Kunststoffmantel den Bleikabeln unter Umständen sogar überlegen sind. So hat insbesondere das geringe Gewicht, die gute Biegsamkeit und Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen dazu geführt, daß solche Kabel heute für den Schiffbau im Vordergrund des Interesses stehen. Die zur Ummantelung verwendeten Werkstoffe sind fast ausschließlich Kunststoffe rein deutschen Ursprungs, wobei bisher polymere Acrylate und andere auf Basis von Vinylchlorid wie Mipolam und Igelit als Ausgangsstoffe dienen.

Belastung und Prüfvorschriften.

Neben der elektrischen Beanspruchung muß auch die zulässige thermische Beanspruchung der Isolation durch die Stromwärme beim Aufbau des Kabels berücksichtigt werden. Während man nach den VDE-Normen vom Jahre 1928 für Kabel eine höchstzulässige

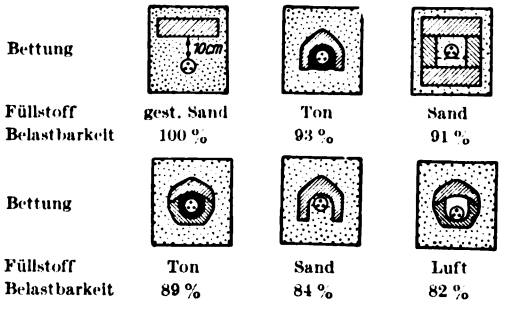


Abb. 3. Belastung der Kabel in Abhängigkeit von der Abdeckung.

Leitertemperatur von 25 ° zugrunde legte, ist der VDE in den Normen aus dem Jahre 1934 und beim Entwurf dieses Jahres für die Kabel bis 6 kV auf 35 ° heraufgegangen, nachdem die allseitigen Erfahrungen auch in anderen Ländern die Unbedenklichkeit dieser Maßnahme bewiesen hatten. Die in den VDE 0255 angegebenen Belastungstafeln sind im Gegensatz zu früher weitgehend nach den verschiedenen Kabelbauarten unterteilt und gelten für Kupferleiter. Belastungstafeln für Kabel mit Aluminiumleitern sind in den Vorschriften VDE 0260 aus dem Jahre 1936 aufgestellt. Unter Zugrundelegung der für Kupfer festgelegten Übertemperaturen können Aluminiumleiter mit etwa 80 % der für Kupferleiter gleichen Querschnittes zulässigen Dauerstromstärke belastet werden.

Die in den VDE-Vorschriften angegebenen Belastungszahlen gelten für einfache Erdverlegung der Kabel. Werden besondere Verlegearten vorgesehen, so sind, wie die Abb. 3 zeigt, die Belastungszahlen entsprechend den veränderten Abkühlverhältnissen anzupassen.

Nach den neuen Normen sollen 1 kV-Kabel einer Spannungsprüfung mit 4 kV Wechselspannung unterzogen werden, während früher eine solche von 3 kV vorgeschrieben war. Außerdem wurde in die Vorschriften für Aluminiumkabel die Prüfung der Umhüllung von frei verlegten Kabeln in Bergwerken unter Tage aufgenommen und damit der Begriff „Flammsicherheit der Umhüllung" festgelegt.

Höchstspannungskabel.

Theoretische Grundlagen.

Die fortschreitende Erforschung der physikalischen Zusammenhänge zwischen Durchschlagfeldstärke, Zeit der Beanspruchung, Temperatur und Art des Isoliermittels führten inzwischen zu neuen Erkenntnissen, die wiederum Anstoß gaben, die Güte der Kabel noch weiter zu verbessern und das mit wirtschaftlich erträglichen Kosten mit Kabeln zu erreichende Spannungsgebiet nach oben bis 110 kV, ja bis 220 kV zu erweitern. Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Forschungen und der daraus gezogenen Folgerungen, die zu Sonderbauarten führten, sollen im folgenden kurz besprochen werden.

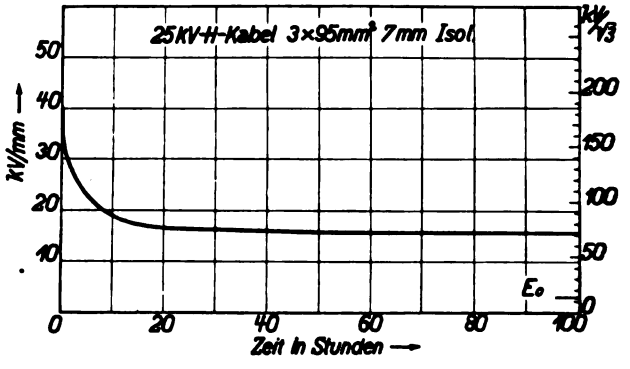


Abb. 4. Zeitdurchschlagskurve.

Während man sich früher mit kurzzeitigen Spannungsproben, die ein bestimmtes Vielfaches der Betriebsspannung waren, zur Beurteilung der Güte der Kabelisolation begnügte, entdeckte man, insbesondere bei größeren Isolationsdicken, daß eine merkliche Abhängigkeit zwischen Durchschlagfestigkeit und Zeit der Beanspruchung vorlag, wobei der Unterschied in der Durchschlagspannung bei sekunden- oder minutenlanger Spannungsanwendung und solcher von 100 oder 1000 h langer Dauer etwa im Verhältnis 3 : 1 lag. Für den praktischen Betrieb kommt natürlich nur die Festigkeit für lange Zeit in Betracht, außerdem die Stoßspannungsfestigkeit, die aber nur durch unmittelbare Stoßspannungsversuche bestimmt werden kann, und über deren Betrag kurzzeitige Wechselspannungsproben nur unvollkommen Aufschluß geben können. Um einige Zahlen zu nennen, die auch aus der Zeitdurchschlagkurve (Abb. 4) entnommen werden können, so liegt die Dauerspannungsfestigkeit üblicher Kabelisolation zwischen rd. 15 und 17 kV/mm, die Augenblicksfestigkeit zwischen 40 und 60 kV/mm, während die Stoßspannungsfestigkeit zwischen 80 und 120 kV/mm liegt. Noch höher wie die Stoßspannungsfestigkeit ist die Gleichspannungsfestigkeit der Kabelisolation, womit der Verkabelung von Übertragungsanlagen mit hochgespanntem Gleichstrom sehr günstige Aussichten eröffnet werden. Die Abhängigkeit der Dauerfestigkeit von der Temperatur, solange man sich in dem Normalbereich, nämlich der kältesten Erdboden-

[2]) VDE 0265, Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen, VDE 01265, Umstellvorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen: ETZ 57 (1936) H. 29, S. 847.

Digitized by Google

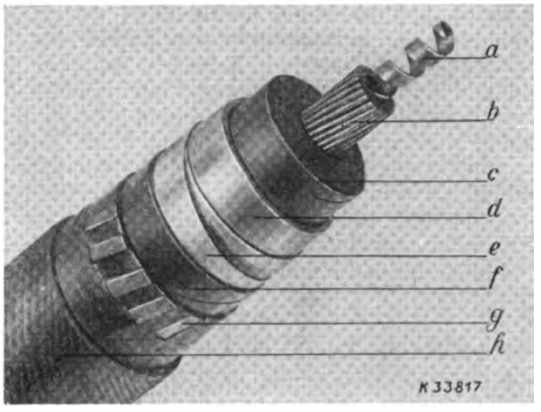
temperatur (in Europa rd. 0 ° C) und höchsten Temperatur bei voller Stromlast 45 bzw. 55 ° C bewegt, ist nicht erheblich. Dagegen macht sich ein Einfluß der Temperatur bemerkbar, wenn man nach oben die Temperaturen wesentlich überschreitet in der Weise, daß das Zusammenwirken der Stromwärme und der Spannung, die bei Wechselstrombeanspruchung eine zusätzliche Erwärmung hervorruft, schließlich zu einem „Wärmedurchschlag" führt, wenn nämlich die Wärmeerzeugung im Kupfer und in der Isolation größer ist als die Wärmeableitung, so daß die Kabeltemperatur bis zur Zersetzung und Verkohlung des Isoliermittels ansteigt. Ein anderer Einfluß zu hoher Temperatur ist der, daß infolge der Verschiedenheit der Temperaturausdehnung des Imprägnieröls und des Papiers sich in der Isolation durch Verschiebungen der Imprägniermasse und Weitung des unelastischen Bleimantels Hohlräume ausbilden, in denen dann im abgekühlten Zustand unter dem Einfluß des elektrischen Feldes Glimmentladungen auftreten, die zur chemischen Zersetzung und weiterhin zur Zerstörung der Imprägniermasse und der Papiere führen. Die Folge übermäßiger Ionisation und hinreichend langer zeitlicher Einwirkung ist dann der Ionisationsdurchschlag. Die Zeitdurchschlagkurve umfaßt das ganze Gebiet der verschiedenen Arten elektrischer Durchschläge etwa wie folgt:

Beim Stoß- und Gleichspannungsdurchschlag ist anzunehmen, daß das elektrische Feld entweder den Molekülverband des Isoliermittels unmittelbar zerreißt oder daß einzelne freie Ionen so beschleunigt werden, daß sie auch im festen Isoliermittel sich durch Stoßionisation vermehren, woraus dann eine Funkenbahn ähnlich wie in Gasen entsteht. In dem Gebiet der kurzzeitigen Wechselspannungsdurchschläge haben wir es mit einer Kombination von Wärmedurchschlag und zusätzlicher Erwärmung durch Ionisation in den Hohlräumen zu tun, daher die starke Zeitabhängigkeit der Durchschlagfestigkeit. Im Dauerspannungsdurchschlagsgebiet ist der Ionisationsdurchschlag vorwiegend. Man findet daher auch an Kabeln, die unter Dauerspannung lagen, nicht nur einen vollkommenen Durchschlag, sondern, über die ganze Länge verteilt, mehr oder weniger fortgeschrittene Teildurchschläge. Infolgedessen kann man nach Herausschneiden des Dauerdurchschlags mit den Teilstücken nicht mehr den früheren Dauerwert erzielen, während beim Stoß- und Augenblicksdurchschlag die übriggebliebenen Kabelstücke praktisch noch gleichwertig geblieben sind. Die Tatsache, daß die Dauerspannungsfestigkeit einen Bruchteil der tatsächlichen dem Isolierpapier eigentümlichen spezifischen elektrischen Festigkeit darstellt, hindert, wie schon oben erwähnt, die Ausdehnung der Kabel auf höchste Spannungen und hohe Belastungsstromstärken. Indem man die Hohlraumbildung als Hauptursache ansah, ging man derselben durch Anwenden zusätzlicher Hilfsmittel erfolgreich zu Leibe, und zwar beschreitet man zwei Wege.

Der eine Weg geht von der Verwendung des bisher gebräuchlichen Massekabels ab und führt zur Tränkung der Isolation mit dünnflüssigem Öl. Der andere Weg verwendet das bisher bei kleineren Spannungen benutzte Massekabel und ersetzt die fehlende Elastizität des Bleimantels durch ein ihn umgebendes Druckgaspolster.

Ölkabel.

Das Ölkabel bedingt einen etwas anderen Aufbau gegenüber den bisherigen Massekabeln. Statt der zähflüssigen Tränkmasse zum Imprägnieren von Papierbleikabeln benutzt man bei dem Ölkabel ein verhältnismäßig dünnflüssiges Öl. Wenn es als Einleiterkabel ausgeführt wird, hat es einen Hohlleiter (Abb. 5) oder in der Ausführung als Mehrleiterkabel mit gemeinsamem Bleimantel (Abb. 6) Ölkanäle in den Zwickeln zwischen den Adern. Das dünnflüssige Imprägnieröl steht durch Längskanäle mit Ausdehnungsgefäßen in Verbindung, die über die Kabelstrecke in bestimmten Abschnitten verteilt sind. Bei den Temperaturschwankungen und den damit verbundenen Volumenschwankungen des Imprägnieröles nehmen nun diese Ausdehnungsgefäße entweder den Ölüberschuß auf oder decken bei Abkühlung den Ölbedarf, so daß also niemals irgendein Hohlraum innerhalb des Kabels entstehen kann. Die Ausdehnungsgefäße sind geschlossene



a Tragspirale
b Leiter
c Papierisolation
d Bleimantel
e Druckschutz
f Korrosionsschutz
g offene Flachdrahtbewehrung
h Korrosionsschutz

Abb. 5. Einleiter-Ölkabel für 100 kV mit offener Flachdrahtbewehrung.

Kessel mit einer Anzahl luftgefüllter Membrangefäße, die sich bei Ölzustrom zusammendrücken und bei Ölablauf unter einem geringen Überdruck von 0,5 bis 1,5 at wieder ausdehnen. Selbstverständlich muß der Durchmesser des Ölkanals, die Viskosität des Imprägniermittels, der Abstand der Ausdehnungsbehälter und schließlich der innere Druck dieser Gefäße so bemessen sein, daß der Ölaustausch auch bei schneller Erwärmung im Kurzschlußfall zum mindesten ohne erhebliche Druckunterschiede in der Längsrichtung erfolgen kann. Da, wie schon oben erwähnt, bei diesen Einleiterölkabeln keine Hohlraumbildung stattfinden kann, braucht also auch nicht wie bei Einleitermassekabeln für höhere Spannungen eine H-Folie aufgebracht zu werden.

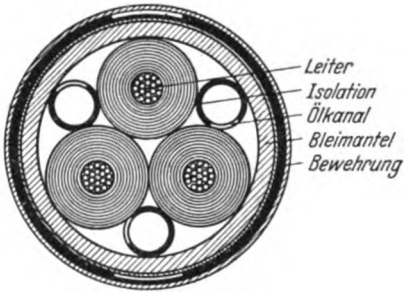


Abb. 6. Dreileiterölkabel.

Bei großen Höhenunterschieden werden zur Unterteilung des Öldrucks der Flüssigkeitssäule in den Längskanälen Sperrmuffen eingebaut. Wegen des stets guten Tränkzustandes können bei derartigen Ölkabeln 8 bis 10 kV/mm und Temperaturen bis etwa 80 ° C zugelassen werden. Die Zahlentafel 1 bringt einen Vergleich zwischen Masse-, Öl- und Druckkabeln, aus dem der große Fortschritt hervorgeht, den die Technik mit der Einführung der Hochleistungskabel heute erreicht hat.

Zahlentafel 1.

60 kV 3 · 95 mm² Cu		Massekabel	Ölkabel	Druckkabel
Isolationsstärke	mm	14	6···7	6···7
Betriebsbeanspruchung	V/mm	4 700	8 000	8 000
Dauerfestigkeit	„	16 000	40 000	40 000
zulässige Übertemperatur	°C	25	55	55
höchste Betriebstemperatur	°C	45	75	75
höchster Betriebsstrom	A	210	318	318
größte übertragbare Leistung	kVA	21 800	33 000	33 000

Digitized by Google

Ölkabel sind — große Übertragungsleistungen vorausgesetzt — technisch und wirtschaftlich vertretbar bei Spannungen von etwa 30 kV ab. Heute ist es möglich, bei geeigneter Auswahl und sorgfältiger Behandlung der Imprägnieröle und bei Verwendung von Sonderkabelpapieren hohen Reinheitsgrades Ölkabel bis zu den höchsten Betriebsspannungen herzustellen. So sind in Deutschland solche Kabel für Spannungen bis zu 125 kV verlegt[3]), und in Frankreich ist seit März dieses Jahres ein 18 km langes 220 kV-Ölkabelsystem in Betrieb[4]). Bei diesen hohen Spannungen verlegt man durchweg Einleiterkabel, die in größeren Einzellängen hergestellt werden können. Bei der Verlegung werden die einzelnen Kabel durch Zwischenwände voneinander getrennt, damit in Fehlerfällen ein Kurzschluß vermieden wird. Ein weiterer Vorteil besteht in der Schaffung einer Reserve durch Verlegung eines vierten Einleiterkabels, das billiger ist als die Verlegung eines zweiten Drehstromkabels.

Druckkabel.

Der Aufbau des Druckkabels beruht auf dem Gedanken, die Hohlraumbildung der Isolation, wie sie eingangs dargestellt wurde, durch Anwendung genügend hohen äußeren Überdrucks, der unmittelbar über den Bleimantel oder eine andere Hülle auf die Isolation wirkt, zu verhüten (Abb. 7). Die äußere Form des Kabels ist in jedem Falle unrund, sei es beim Einzelbleimantel durch unrunden Leiterquerschnitt erzwungen, sei es beim Dreileiterkabel durch die Prismaform. Dieses Kabel wird in eine Stahlrohrleitung, aus nahtlosen aneinander geschweißten Stahlrohren hergestellt eingezogen, die meistens mit Stickstoffgas unter einem Druck von 15 at steht. Die Rohrleitung hat dabei einen etwa 10 bis 15 mm größeren Außendurchmesser als das Kabel. Die Stahlrohrleitung läßt sich so dicht herstellen, daß selbst in Jahresfrist kein wesentlicher Druckverlust eintritt. Auch ohne Druck kann das Druckkabel, allerdings mit verminderter Sicherheit, als gewöhnliches Massekabel eine Zeitlang betrieben werden. Die Stahlrohrleitung selbst wirkt gleichzeitig als guter mechanischer Schutz des Kabels. Die Endverschlüsse stehen unter dem gleichen Druck wie das Kabel selbst.

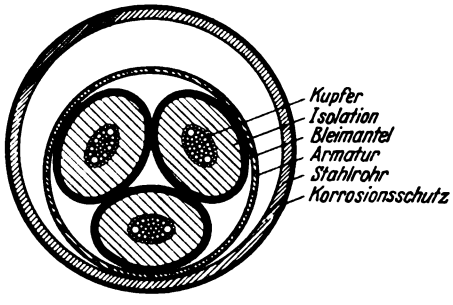


Abb. 7. Druckkabel.

Die Anwendung des äußeren Druckes bringt, isolationstechnisch gesehen, den gleichen Erfolg wie beim Ölkabel. Die Dauerfestigkeit steigt auf etwa 40 kV/mm.

Auch von den Druckkabeln sind seit mehreren Jahren im In- und Ausland Anlagen in Betrieb. In Deutschland ist die höchste in einem Druckkabel vorkommende Spannung z. Z. 110 kV. Die zulässigen Belastungsstromstärken sind, wie beim Ölkabel (Zahlentafel 1), etwa 50 % höher als bei dem gewöhnlichen Massekabel. Die obere Stromlastgrenze ist nicht durch die Hohlraumbildung und Ionisationsgefahr bedingt, sondern durch den Wärmedurchschlag, hervorgerufen durch die gemeinsame Wirkung von elektrischem Feld und Leiterwärme.

Kabelzubehör.

Endverschlüsse.

Die Enden der Kabel müssen durch aufgesetzte Endverschlüsse gegen das Eindringen von Feuchtigkeit zuverlässig geschützt werden, und außerdem haben diese Endverschlüsse die Aufgabe, beim Überdruck im Kabel das Ausfließen der Masse zu verhindern. Man unterscheidet zwischen Freiluft- und Innenraum-Endverschlüssen.

Freiluftendverschlüsse. — Bei ihnen ist ganz besonderer Wert auf eine feuchtigkeitsdichte Ausführung und auf eine geeignete Füllmasse zu legen. Für Spannungen bis etwa 6 kV kommen hierfür meistens die Mastendverschlüsse in Betracht. Für Spannungen von 10 kV an kommen für die Montage im Freien nur Endverschlüsse mit Porzellanisolatoren, die mit Tropfschirmen ausgerüstet sind, zur Anwendung. Früher waren diese Isolatoren in die Gehäuse eingekittet, doch ist man hiervon abgekommen und benutzt in neuerer Zeit meistens kittlose Endverschlüsse (Abb. 8), bei denen die Porzellanisolatoren unter Zwischenlage einer ölfesten Unterlage dicht mit entsprechenden Druckringen mit dem Gehäuse bzw. mit dem Kopf verbunden werden, so daß ein völlig luftdichter Abschluß gewährleistet ist.

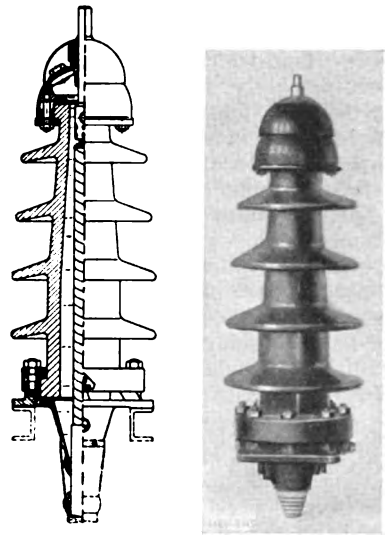


Abb. 8. Einleiter-Freiluft-Endverschluß mit kittlos befestigtem Isolator.

Neuerdings werden die Freiluftendverschlüsse für höhere Spannungen nicht mehr mit harter schwarzer Vergußmasse, sondern mit der weichen Kabeltränkmasse ausgegossen, damit Lunkerbildung beim Vergießen und die Bildung von Rissen infolge starker Abkühlung ausgeschlossen ist. Bei der Wahl eines Freiluftendverschlusses muß man von dem Grundsatz ausgehen, die Stoß- und Überschlagfestigkeit höher zu wählen als die der Freileitungsisolatoren.

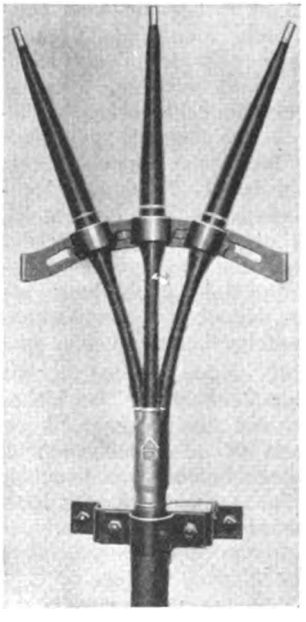


Abb. 9. Endverschluß ohne Vergußmasse für 30 kV mit Wickelkeulen.

Innenraum-Endverschlüsse. Da die Innenraum-Endverschlüsse Feuchtigkeits- und Witterungseinflüssen nicht ausgesetzt sind, kommen hierfür einfachere Bauarten in Betracht. Für niedrige Spannungen sind hier die gebräuchlichsten Arten der Zylinder-, Kegel- und Dosenendverschluß, bei dem die Gehäuse aus verbleitem Eisenblech oder dünnwandigem Gußeisen bestehen.

Neuere Bestrebungen gehen dahin, bei den Endverschlüssen möglichst wenig Kabelvergußmasse zu verwenden, um bei Kurzschlüssen und Bränden eine Verqualmung durch die Masse zu vermeiden. Durch die Forderung nach masselosen Endverschlüssen gelangte man zu den Wickelendverschlüssen, bei denen die Abdich-

[3]) ETZ 57 (1936) H. 46, S. 1321.
[4]) ETZ 57 (1936) H. 43, S. 1238.

Digitized by Google

tung der Adern von den einzelnen Herstellern in verschiedener Weise vorgenommen wird. So werden mehrere Lagen Diagonal-Lackband unter Zwischenstreichen von Isolierlack auf die Kabelenden aufgelegt und als Druckbandage eine getränkte Kordelwicklung benutzt, oder der Abschluß wird durch eine Stabolbandwicklung, die ohne Klebemittel einen dichten Schlauch ergibt, mit einer darüberliegenden Lackbandbandage bewirkt. Bei Mehrleiterkabeln mit gemeinsamem Bleimantel erfolgt die Abdichtung an der Spreizstelle durch eine Dichtungskappe, die zur Durchführung der einzelnen Adern fingerförmige Ansätze hat und gegen die dann die Abdichtung wie bei Einleiterkabeln stattfindet. Bei höheren Spannungen verwendet man Wickelkeulen mit leitenden Einlagen zur Potentialsteuerung zum Zwecke der Verkleinerung des Endverschlusses. Dabei kann die äußere Hülle aus keramischem oder Faserstoff bestehen (Abb. 9).

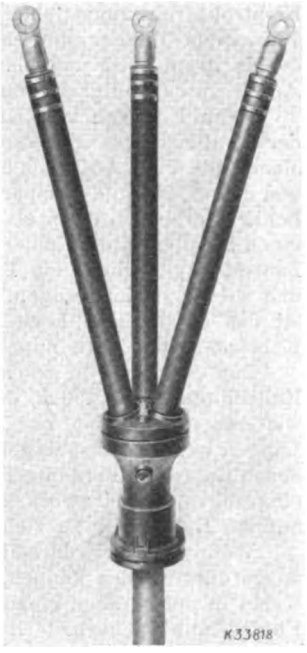


Abb. 10. Dreileiter-Isoklein-Endverschluß mit Stopfbuchse.

Der Forderung nach einfacherer Ausführung und schnellster Einbaumöglichkeit entspricht z. B. der Isolierschlauch-Endverschluß (Abb. 10). Hierbei werden die Adern durch druckfeste und ölfeste Isolierschläuche abgedichtet. Die Biegsamkeit der einzelnen Adern bleibt dabei voll erhalten. Die Abdichtung gegen den Bleimantel erfolgt durch Löten oder durch Stumpfbuchse.

Der Kurzschlußfestigkeit von Endverschlüssen ist außerdem stets Beachtung zu schenken.

Muffen.

Die Verbindung der einzelnen Kabellängen auf der Strecke erfolgt durch längsgeteilte gußeiserne Verbindungsmuffen, oder, wenn es sich um Abzweige handelt, durch gußeiserne Abzweigmuffen. Die blanken Leiter werden in Verbindungshülsen aus Messing oder Kupfer durch Verschraubung und Verlötung sowohl in mechanischer wie in elektrischer Hinsicht zuverlässig miteinander verbunden. Um die nachträgliche Berührung der blanken Verbindungshülsen unter sich innerhalb der Muffen mit Sicherheit zu verhindern, verwendet man Stege aus mechanisch festen und hitzebeständigen Baustoffen. Nach der Montage der Muffen werden diese mit Vergußmasse ausgegossen, die das Eindringen von Feuchtigkeit in die Isolation des Kabels verhindert. Liegen die Muffen in sehr feuchter Erde, so nimmt man zusätzlich Innenmuffen, die mit den Bleimänteln an den Enden verlötet werden und somit einen feuchtigkeitssicheren Abschluß bilden. Die Innenmuffen und auch die Zwischenräume zwischen der Innenmuffe und dem Gehäuse werden mit Masse ausgefüllt. Diese letztere Bauart wird außerdem stets bei Spannungen über 10 kV verwendet. Die Verbindungsstellen erhalten dann eine Bewicklung mit vorgetränktem Papier und noch eine weitere gemeinsame Papierumwicklung, um sie in ihrer Lage zu halten. Bei Spannungen über 30 kV wird die Innenmuffe meistens unter Vakuum mit der weichen Kabelmasse, wie auch bei den Freiluftendverschlüssen, gefüllt, um Lufteinschlüsse zu vermeiden.

Leiterverbindungen.

Umfangreiche Entwicklungsarbeiten sind geleistet worden, um bei Aluminiumleitern zuverlässige Verbindungen zu schaffen. Die im allgemeinen bei Kupferleitern üblichen Weichlötverbindungen lassen sich unter Verwendung besonderer Lote und geeigneter Klemmen auch bei Aluminium herstellen. Die Reaktionslote ermöglichen es, sogar auf die bis vor kurzer Zeit noch notwendige zeitraubende Vorbereitung der Leiterenden durch das Metallisieren jedes einzelnen Leiterdrahtes zu verzichten und die Lötung fast in derselben Zeit wie bei Kupferleitern durchzuführen. Soweit derartige Verbindungen in Kabelmuffen liegen, die mit Masse ausgegossen sind, ist eine Korrosion praktisch ausgeschlossen; wenn die Lötstellen mit feuchter Luft in Berührung kommen, ist ein Schutz etwa in Form eines Anstriches mit Chlor-Kautschuk-Lack mit darüberliegender Bandage erforderlich.

Neben dem Weichlötverfahren hat die Gasschmelzschweißung zur Herstellung der Leiterverbindungen besondere Bedeutung. Die Schweißungen werden entweder mit der Wasserstoff-Sauerstoff-, der Azetylen-Sauerstoff- oder Benzol-Sauerstoff-Flamme hergestellt. Man benutzt dabei entweder offene Formen aus Eisenblech oder Schamotte und einen gewöhnlichen Schweißbrenner, oder geschlossene, zweiteilige gußeiserne Muffen mit aufgesetztem Dom und einen Sonderbrenner. Um die Oxydation der Drähte während des Schweißens zu verhindern, werden die gesäuberten Leiterenden mit einem Flußmittel bestrichen. Als Zusatzmaterial werden zum Schweißen Drähte aus Reinaluminium benutzt, die dem Seilabfall entnommen werden können.

Zur Verbindung von Leitern großen Querschnitts hat sich das Gießverfahren bewährt. Hierbei wird die für das Zusammenschweißen der Leiter notwendige Wärmemenge durch Übergießen der mit einer geschlossenen zweiteiligen Blechform mit Dom umgebenen Verbindungsstelle mit flüssigem Aluminium zugeführt. Das Schmelzen des Aluminiums geschieht in handelsüblichen Graphittiegeln in einem gewöhnlichen Holzkohlenofen. Das Verfahren hat den Vorteil, daß Verbindungen und Abzweige in verhältnismäßig kurzer Zeit hergestellt werden können[5]).

Besonders umfangreiche Versuche waren für die Schaffung zuverlässiger Abzweigklemmen notwendig. Als wichtigstes Ergebnis der Untersuchungen, an denen sich sowohl die Kabelhersteller als auch die Abnehmer beteiligt haben, wurde übereinstimmend festgestellt, daß bei den Klemmen zur dauernden Aufrechterhaltung eines genügenden Kontaktdruckes ein federndes Glied notwendig ist. Diesen Bedingungen genügen die auf dem Markt befindlichen Abzweigklemmen nach Art der bekannten Tatzenklemmen mit verbreiterter Kontaktfläche und verlängertem Hebelarm oder die Deckelklemmen mit federnder Zwischenlage.

[5]) S. a. ETZ 57 (1936) H. 24, S. 675.

Digitized by Google

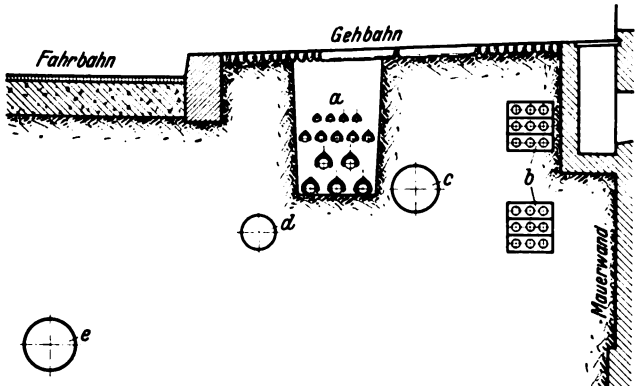
Kabelverlegung.

Von P. Osterburg und F. Kaiser VDE, Berlin.

621. 315. 235

Übersicht. Die Technik der Starkstrom-Kabelverlegung unter Berücksichtigung neuzeitlicher Verlegungsverfahren wird geschildert. Auf Grund der Betriebserfahrungen werden die Gesichtspunkte aufgezeigt, die bei der Verlegung der Kabel und ihres Zubehörs besonders zu beachten sind.

Kabelverlegung im Freien. — Die bei der Planung einer Kabelverlegung zu beachtenden Gesichtspunkte sind kürzeste Streckenlänge, Vermeidung von Kabelanhäufungen und die Umgehung schwierigerer, also teuerer Streckenabschnitte. Namentlich in Großstädten und in alten Städten mit schmalen Straßen ist die Planungsarbeit oft nicht einfach, trotz der von vielen Stadtverwaltungen aufgestellten Raumverteilungspläne (Abb. 1) für die Benutzung des Raumes unterhalb des Straßenpflasters. Wegen der leichten Zugänglichkeit der Kabel kommen praktisch nur die Gehbahnen der Straßen für ihre Unterbringung in Betracht. An den Straßenkreuzungen müssen die Fahrbahnen in Anspruch genommen werden. Zur Vermeidung von Verkehrssperrungen werden an diesen Stellen Kabelrohre eingebaut, durch die später die Kabel hindurchgezogen werden.



a Starkstromkabel *b* Schwachstromkabel *c* Gasleitung *d* Wasserleitung *e* Schmutzwasserleitung

Abb. 1. Raumverteilungsplan.

Im allgemeinen werden zweckmäßig Kabel höherer Spannung der größeren Sicherheit wegen in Tiefen von rd. 1 m verlegt; darüber in rd. 0,7 m Tiefe werden die Niederspannungskabel angeordnet (Abb. 1), die außerdem für den nachträglichen Einbau von Hausanschlußmuffen leichter zugänglich sein müssen. Man soll bei der Anordnung der Kabel bestrebt sein, sie allgemein mindestens 0,6 m unter der Oberfläche einzubetten, da sie sonst zu leicht der Beschädigung, z. B. bei Pflasterarbeiten, ausgesetzt sind. Auch bei nachträglicher Verlegung von Kabeln in einer vorbenutzten Spur soll man durch Aufhängen der bereits vorhandenen Kabel die nachträgliche Einbringung von Kabeln höherer Spannung in tieferen Lagen ermöglichen.

Der Erwärmung wegen sind möglichst wenige Lagen übereinander anzuordnen, da sich die gegenseitige Erwärmung der Kabel um so ungünstiger gestaltet, je mehr sich der Querschnitt eines Kabelbündels der Quadratform nähert. Verlegt man die Kabel so, daß zwischen ihnen ein Abstand von etwa 7 bis 10 cm verbleibt, so schafft man günstige Abkühlungsverhältnisse und zugleich ausreichende Sicherheit vor gegenseitiger Beschädigung bei Kabelfehlern.

Da das Ausheben von Gräben verhältnismäßig langsam vor sich geht bzw. viele Arbeitskräfte in Anspruch nimmt, hat man versucht, Kabelgräben maschinell auszuheben. Bei Strecken, die über Land verlegt werden, sind derartige Verfahren mit Erfolg angewandt worden. Sogar in den äußeren Straßen der Städte sind Grabenbaggermaschinen, welche von einem Benzinmotor bzw. aus der Batterie eines Elektrokarrens angetrieben wurden, benutzt worden[1]). Die von einem Bagger hergestellten Gräben waren hierbei 50 bis 70 cm breit und bis 1,7 m tief bei einer mittleren Arbeitsgeschwindigkeit von 1 m/min.

Beim Einlegen von Kabelrohren in die Fahrbahnen der Straßenkreuzungen kann man sich einer Maschine bedienen, die einen Aufbruch der Straßendecke unnötig macht und demzufolge die Einsparung erheblicher Kosten ermöglicht. Hierbei wird von einer Grube auf der Gehbahn der einen Straßenseite zu einer solchen auf der anderen Straßenseite hydraulisch ein Dorn durch die Erde getrieben und wieder zurückgezogen. Beim Zurückholen des Dornes ist das entstandene Loch so groß, daß gleichzeitig das Kabelrohr vom Dorn mitgenommen werden kann.

Zur Verlegung in geschlossenen Ortslagen eignen sich Kabellängen über 250 m, deren Herstellung an sich ohne weiteres möglich ist, nur in den seltensten Fällen. Die Längen werden meist wegen der in Gräben häufig vorhandenen Gasrohre, Fernsprechkabel usw. in zwei Abschnitten eingezogen, wobei zweckmäßigerweise die Kabeltrommel auf ein Drittel der zu ziehenden Länge aufgestellt wird.

Während die Erdarbeiten von ungelernten Arbeitern ausgeführt werden können, müssen die Kolonnen, die die Kabel in den Graben einziehen, zum mindesten zu einem Fünftel aus Facharbeitern bestehen. Die Mindestzahl an Arbeitern bei der üblichen Kabeleinzellänge von 250 m ist nicht unter 20 anzusetzen.

Abb. 2. Kabelziehen mittels Motorspill.

Das Abziehen der Kabel von der Trommel in den Graben erfolgt meistens von Hand. Für diese Arbeit sind leichtlaufende Kabelrollen von Vorteil, die in Abständen von 2 bis 4 m auf der Grabensohle aufgestellt werden (Abb. 2). Läuft das Kabel um Ecken oder im Graben vorhandene Hindernisse, so sind an diesen Stellen die gleichen Rollen als Umlenkrollen zu verwenden. Zwischen den

[1]) Elektr.-Wirtsch. 27 (1928) S. 595.

Digitized by Google

Rollen stellen sich die Arbeiter auf, um auf Kommando die Kabel ruckweise einzuziehen.

Die Motorwinde bzw. das Motorspill kann aus der Batterie eines Elektrokarrens gespeist werden und ermöglicht das Einziehen selbst schwerer Kabel in einfacher Weise (Abb. 2). Eisenbandarmierte Kabel können hiermit ohne Bedenken eingezogen werden, sofern nicht durch ganz besonders ungünstige Führung zu hohe Zugkräfte auftreten. Das vereinfachte Verfahren des Ziehens mittels einer Motorwinde wird bei der Verlegung von Druckkabeln[2]) zur Notwendigkeit, da diese Kabel in Rohre eingezogen werden. Zur Einsparung von Verbindungsstellen verwendet man Längen von 500 bis 800 m, deren Armierung aus Flachstahldrähten besteht, um die großen infolge Reibung auftretenden Zugkräfte aufnehmen zu können. Auch Ölkabel werden mit solchen Armierungen versehen, so daß sich auch bei ihnen das Einziehen einfach gestaltet.

In Straßen, in denen stets damit zu rechnen ist, daß in der Nähe eines Kabels im Laufe der Zeit Erdarbeiten vorgenommen werden, empfiehlt es sich, die Kabel mit einem „Aufgrabeschutz" zu versehen. Neben der bekannten Verwendung von Ziegelsteinen und Kabelpanzer aus betongefüllten Säcken haben sich seit mehr als 20 Jahren dachförmige Kabelschutzsteine (Klinker) wegen ihrer einfachen Anwendung und der Möglichkeit ihrer Wiederverwendung gut bewährt (Abb. 1 u. 3). Die Festigkeit der Steine gegen Schlagwirkung ist gut, zumal ihr dachförmiger Querschnitt Schlagwerkzeuge abgleiten läßt. Um die Güte der Steine festzustellen, empfiehlt es sich, Stichproben aus jeder Lieferung einer der Wirklichkeit nahekommenden Schlagprobe zu unterwerfen[3]). Die Steine sichern den erwünschten Abstand von Kabel zu Kabel. Eine Wärmestauung infolge des Hohlraumes zwischen Kabel und Stein ist bei entsprechender Bemessung der Steine fast zu vermeiden[4])[5]).

Als Aufgrabeschutz sind ebenfalls die oben erwähnten bei Fahrbahnkreuzungen und auch auf Brücken verwandten eisernen Kabelrohre zu betrachten, die bei Gleichstromkabeln unter gewissen Bedingungen vorteilhaft durch solche aus Asbestzement ersetzt werden.

Für größere Verlegungen über Land ist eine Kabelverlegungsmaschine gebaut worden, die in einem Vorgang den Graben aushebt, ein oder auch mehrere Kabel einlegt, den Graben wieder zuschüttet und die gelockerte Oberfläche, soweit es sich um Ackerland oder Wiesenland handelt, wieder befestigt[6]).

Ein anderes Verfahren, das das Ausheben eines Grabens bei der Verlegung eines einzelnen Kabels vermeidet, besteht darin, mittels einer Zugmaschine einen Schneidkörper bis zur Verlegungstiefe durch die Erde zu ziehen[7]). Am Ende dieses Schneidkörpers befindet sich ein torpedoförmiger Dorn, der in der Erde einen rohrförmigen Kanal herstellt, durch den gleichzeitig oder nachträglich das Kabel gezogen wird. Dieses Verlegungsverfahren ist praktisch erprobt, dürfte aber nur bei passender Erdbeschaffenheit anwendbar sein.

Kabelverlegungen in Gebäuden. — Die übersichtliche Anordnung ohne Kreuzungen der Kabel muß bereits vor der Einführung in das Gebäude beginnen. Man schiebt über die Kabel Rohrstücke, die nach endgültiger Lage der Kabel in der Grundmauer einzementiert und gegen das Eindringen von Gas und Feuchtigkeit mittels plastischer Masse zwischen Rohrwand und Kabel abgedichtet werden.

Innerhalb der Gebäude werden die Kabel oft an Wänden hochgeführt werden müssen. Soweit es sich um einzelne Kabel handelt, sind hierbei Abstandschellen, die eine elastische Einlage erhalten, zu ihrer Befestigung gebräuchlich. Handelt es sich um mehrere Kabel, die parallel laufen, so ist es zweckmäßig, Nischen in Wänden und Decken vorzusehen und die Kabel an Doppelwinkeleisen mit Halbschellen zu befestigen. Die Abstände dieser Schellen sollen etwa 1,5 bis 2 m betragen. Waagerecht zu führende Kabel werden zweckmäßig in Kabeltrageeisen gelegt, um die häufige Befestigung und das Durchhängen der Kabel zwischen diesen Befestigungsstellen zu vermeiden. Die äußere Jute der Kabel ist in Räumen zu entfernen, da ihre Imprägnierung brennbar ist. An ihre Stelle tritt zweckmäßig ein Anstrich als Rostschutz.

Verlegung in Tunnels, Kanälen usw. — Die Verlegung weniger Kabel in trockenen Tunnels oder Kanälen erfolgt auf deren Sohle. Sind die Räume begehbar, so ist es unter Umständen zweckmäßig, die Kabel an den Wänden aufzuhängen (Abb. 3). Register aus Eisen

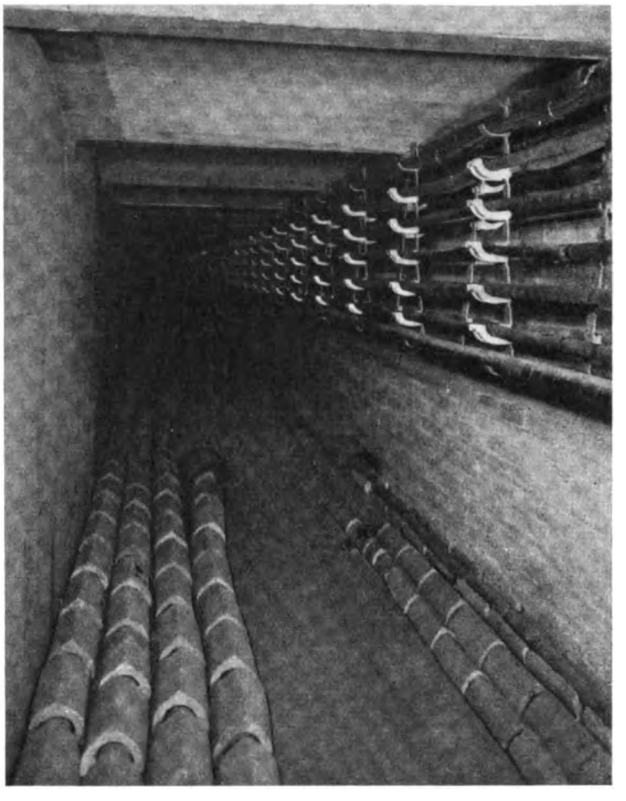


Abb. 3. Anordnung der in einem Tunnel verlegten Kabel.

sind, da sie stark rosten, unzweckmäßig; neuerdings werden deshalb verzinkte Kabelhänge-Sondereisen benutzt, die ineinandergreifen und leichte Ergänzung und Auswechselung gestatten. Durch Einlegen von Porzellanteilen in diese Kabelhänger werden sie auch für Gleichstromkabel besonders brauchbar, bei denen Bleimäntel und Armierungen unter gewissen Bedingungen Spannung annehmen können. Zubehörteile lassen sich in Tunnels gut unterbringen, sollten dort aber nicht aus Gußeisen, sondern aus Blech oder Blei bestehen.

Brückenverlegung. — Innerhalb der Städte müssen vielerorts Straßenbrücken, Straßenunterführungen und Flußbrücken im Zuge der Straße mit Kabeln versehen werden. Ihre Unterbringung ist dort häufig sehr schwer, zumal, wenn andere Leitungsverwaltungen die vorhandenen Möglichkeiten bereits mit ihren Anlagen besetzt haben. Heute wird bei ihrem Bau auf die Unterbringung von Leitungen fast immer die erforderliche Rücksicht durch Einbau von Kanälen genommen, in die meist die Kabel von oben eingelegt werden können. Diese Kanäle wurden früher mit Sand ausgefüllt, es erscheint jedoch besser, sie leer zu lassen und, wenn möglich, mit Lüftungsöffnungen zu versehen.

Kabelverlegung durch Gewässer. — Während früher das Einlegen der Kabel in eine gebaggerte Rinne von einem geeigneten Wasserfahrzeug aus erfolgte,

[2]) Felten & Guilleaume-Rdsch. (1935) S. 31.
[3]) F. Kaiser, Elektr.-Wirtsch. 34 (1935) S. 240.
[4]) Elektr.-Wirtsch. 27 (1928) S. 480.
[5]) Siemens-Z. 11 (1931) S. 512.
[6]) Elektr.-Wirtsch. 26 (1927) S. 563.
[7]) Patentanmeldung 21c W 79 138.

Digitized by Google

wendet man heute fast ausschließlich ein Verfahren an, das vollkommen dem früher beschriebenen Verfahren des maschinellen Einziehens von Kabeln in Kabelgräben entspricht. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß dabei das Kabel von selbst in die vorgebaggerte Rinne einläuft und Landungsschwierigkeiten auch bei sumpfigen Ufern nicht bestehen[8]).

Die hohen Kosten einer Kabelverlegung durch Wasser werden in der Hauptsache bedingt durch die Bagger- und Taucherarbeiten. Um diese herabzusetzen, hat man ein Verfahren ausgebildet, bei dem mittels einer verstellbaren Führungsvorrichtung, die an einem Wasserfahrzeug angebracht ist, durch aus Düsen unter Druck strömendes Wasser eine Rinne gespült wird, in die das Kabel gleichzeitig hineingleitet[9]).

Einbau von Kabelzubehör. — Wenn hier auf den Einbau von Zubehörteilen für Niederspannung und mittlere Spannungen, die in den Montageanweisungen der Normblätter des VDE[10]) behandelt ist, eingegangen wird, so deshalb, weil bei deren Ausführung eine Reihe von Gesichtspunkten zu beachten ist, deren Bedeutung häufig übersehen wird.

Die Länge des Bleimantelstückes, das in den Hohlraum der Muffen hineinragt und von anhaftendem Papier befreit sein muß, soll so lang bemessen werden, als es eben der Aufbau der Adernverbindungen zuläßt, denn auf diesem Bleimantelstück findet die Abdichtung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit statt. Bei dem Einbau ist es zweckmäßig, den Bleimantel zunächst nur bis zum Ende der Gürtelisolation zu entfernen und diese erst freizulegen, sobald nach Anlöten des Erdungsdrahtes der Muffeneinbau beendet ist, um einerseits die Isolation vor der Einwirkung der Flamme der Lötlampe zu schützen und anderseits das Kabel beim Biegen der Adern zu schonen.

Die Erdungsdrähte, die in den Entlüftungs-Erdungsschrauben eingelötet werden, sind sowohl für die Erdung der Zubehörteile als auch für die Verbindung der Bleimantelenden in den Muffen notwendig. Die Bemessung ihrer Querschnitte ist entsprechend vorzunehmen und auf ihre sorgfältige Verlötung mit dem Bleimantel Wert zu legen (Beanspruchung bei Doppelerdschluß). Da ihre Verlötung mit den Entlüftungs-Erdungsschrauben nicht immer gelingt und da deren Kontakt mit dem Gußgehäuse stets zweifelhaft ist, empfiehlt es sich, innerhalb der Niederspannungsmuffen — auch Abzweigmuffen — eine unmittelbare Verbindung der Bleimantelenden vorzunehmen und die Enden dieser Verbindung in den Entlüftungs-Erdungsschrauben zu verlöten. Bei Muffen höherer Spannung ist es zweckmäßig, Erdungsseile außerhalb der Muffen ohne Unterbrechung von einem Bleimantelende zum anderen zu führen.

Sehr viel wird auch beim Biegen der isolierten Leiter von Kabeln mit gemeinsamem Bleimantel gesündigt. Unvorsichtiges Biegen führt leicht zum Einbrechen der Isolation an den Spreizstellen. Umwickelt man zuvor die Leiter mit einem Nesselband, das flammensicher imprägniert werden kann, und führt in den Zwickel der Kabel einen Holzkegel ein, der später wieder entfernt wird, so läßt sich das Biegen der Leiter samt Isolation ohne Gefahr des Einbrechens leicht vornehmen.

Für Kabel höherer Spannung von etwa 6 kV ab ist es ratsam, die Verbindungsstellen der Adern mit einer Bewicklung aus imprägniertem Papier (Wickelmuffe) zu versehen, die betriebssicher ist und deren Einbau nicht allzuviel Zeit kostet.

Auch dem Vergießen der Muffen ist besondere Sorgfalt zuzuwenden. Zunächst ist das vorgewärmte Unterteil auszufüllen und dabei die Masse langsam über die Adern auszugießen, um sicher zu sein, daß auch in den Zwickeln der Muffen und an den Bleimantelenden keine Hohlräume verbleiben. Dann erst erfolgt das Ausgießen des Oberteiles.

Die Bandeisenarmierung der Drehstromkabel wird nach den Montageanweisungen der Normen nicht geerdet. Es ist beobachtet worden, daß bei Erdschlüssen nach dem Wegschmelzen des Bleimantels das Bandeisen durch das Übergreifen des Lichtbogens Spannung annimmt und daß sich infolgedessen an irgendeiner Stelle des Kabels ein Strom zwischen der Bewehrung und dem geerdeten Bleimantel ausbilden kann, der dort eine Beschädigung des Bleimantels verursacht. Zur Vermeidung dieser Erscheinung können die beiden Bewehrungsenden durch Weichlötung mit der Bleimantelerde verbunden werden. Bei Einleiterkabeln sollte man grundsätzlich die Armierungen des Systems miteinander verbinden und die Verbindungsstelle an Erde legen, da auch hier andernfalls der ungewollte Ausgleich der induzierten Spannung zu Beschädigungen der Kabel führen kann.

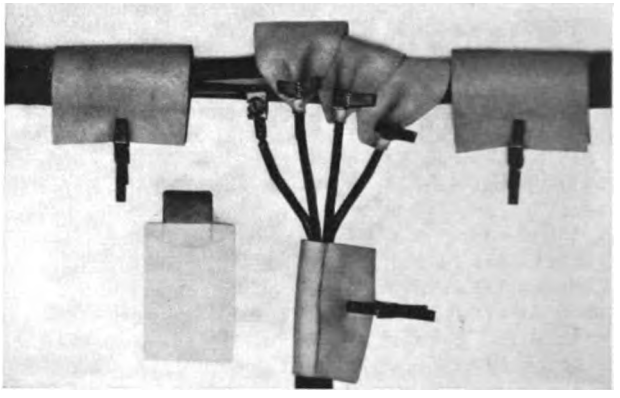


Abb. 4. Anwendung von Gummituchern bei der Anfertigung von Hausanschlußmuffen unter Spannung.

Für den Einbau von Zubehörteilen unter Spannung müssen zweckentsprechende Schutzmittel bereitgestellt werden[11]). Diese Schutzmittel sind so auszubilden, daß bei ihrer Anwendung Kurzschlüsse nicht herbeigeführt werden können, und daß auch der die Arbeiten Ausführende durch Berührung der unter Spannung stehenden Leiter keinen Erdschluß verursachen kann. Letztere Forderung läßt sich in einfacher Weise durch Verwendung von Gummimatten erreichen; sie kann noch durch Gummischuhe in wirksamer Weise unterstützt werden. Zur Erfüllung der ersten Forderung ist es zweckmäßig, zu Beginn der Arbeiten vor der Freilegung der Adern die Bleimantelenden mittels Gummituchern, die mit Holzklammern gehalten werden, abzudecken. Auf freistehenden Leiterenden ist die Verwendung von Gummitüllen geboten. Sollen die Adern miteinander verbunden werden, so legt man nur die Ader frei, an der gearbeitet werden soll und schützt die anderen Adern bzw. Verbindungsstellen während des Lötens durch dichte Asbesttücher. In dieser Weise ist auch die Anfertigung von Hausanschlußmuffen unter Spannung möglich, die beispielsweise in Abb. 4 für Kupferkabel unter Verwendung von Tatzenklemmen wiedergegeben ist. Verwendet man hierbei das auf dieser Abbildung erkenntliche Gummituch mit einer steifen Lasche, so gelingt es leicht, nur jeweils eine Klemme für die Ausführung der Arbeit freizulassen.

[8]) Felten & Guilleaume-Rdsch. 15/16 (1935) S. 37.
[9]) ETZ 57 (1936) H. 21, S. 578.
[10]) DIN VDE 7689 u. 7698/99.
[11]) VDE 0105.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56

Abschluß des Heftes: 20. November 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 3. Dezember 1936** **Heft 49**

Wege und Ziele der heutigen Elektroantriebstechnik.

Von **F. Oertel VDE**, Berlin.

621. 34

Übersicht. Der Aufsatz[1]) soll ein Bild geben von Problemstellungen und -lösungen in der Elektroantriebstechnik und ihrer Bedeutung für die Weiterentwicklung in der Elektroindustrie und den von ihr ausgerüsteten Gebrauchsgüterindustrien.

Die Technik des elektrischen Antriebes übernimmt die Bausteine, die ihr von der Starkstromtechnik zur Verfügung gestellt werden — also die Motoren, die Schalteinrichtungen, die Verteilungsmittel usw. —, und schafft sie zunächst in solche Formen um, wie sie den sehr verschiedenartigen Bedürfnissen der einzelnen Industriezweige am besten entsprechen. Es ist bekannt, daß der frisch vom Lager geholte sogenannte „Normalmotor mit Riemenscheibe" nicht für jeden Industriezweck sofort brauchbar ist. Zum Antrieb eines Förderbandes z. B. ist sicherlich die Elektrotriebtrommel geeigneter, bei welcher der Elektromotor gewissermaßen in seine eigene Riemenscheibe hineingeschlüpft ist, die hier als außenliegender Motorläufer ausgebildet ist (Abb. 1). So hat sich die Antriebstechnik zunächst einmal auf der ganzen Linie die mechanischen Arbeitsvorrichtungen in Elektroarbeitszeuge umgeschaffen, wie den Bandsägenmotor, der an den Maschinenrahmen angeflanscht wird, den Kreissägenmotor (lang und mit besonders kleinem Durchmesser) und den

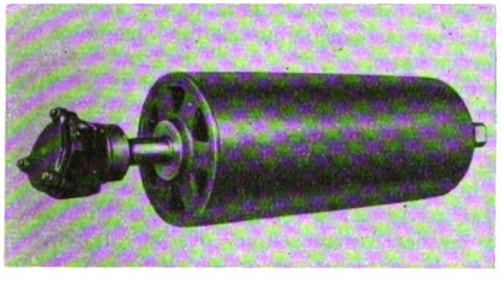
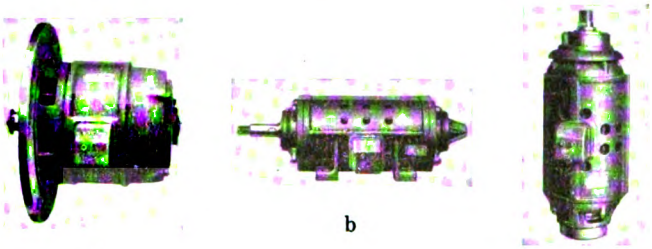


Abb. 1. Elektrotrommel für Bandförderer

Fräsmotor zum Einbau in das Maschinengestell (Abb. 2). Das gemeinsame Kennzeichen aller solcher Elektroarbeitszeuge ist, daß der Motor möglichst unter Vermeidung von Übersetzungen oder Kupplungen unmittelbar auf die eigentliche Arbeitswelle übergesprungen ist, die ja auch meist mit hohen Drehzahlen am günstigsten arbeitet. Diese sogenannte Wanderung des Elektromotors auf die letzte Arbeitswelle hin hat sich in sämtlichen Industriezweigen mit einer solchen Auffälligkeit wiederholt, daß man sie als allgemeines Gesetz der Entwicklung des elektrischen Antriebes ansprechen kann. Besonders reichhaltig hat diese Entwicklung eingesetzt bei der bekannten Kunstseide-Elektro-Spinnzentrifuge, die vermöge ihrer besonderen elastischen Achslagerung und Umlaufölschmierung heute Dauerdrehzahlen von 15 000 U/min und mehr hat. Abb. 3 zeigt, wie die Entwicklung auf immer höhere Betriebsdrehzahlen und zunehmende Anpassung an die Arbeitsbedingungen ausgeht; das bedeutet hier: Steigende



a b c

Abb. 2. Drehstrom-Sondermotoren für Holzbearbeitungsmaschinen. a Bandsägenmotor, b Kreissägenmotor, c Fräsmotor.

Verwendung von Säureschutzstoffen und immer glattere Außenform, in der der Motor also solcher kaum noch zu erkennen ist.

Weiterhin schafft die Antriebstechnik durch Verbindung dieser Sonderbauformen mit ergänzenden Teilen normalen elektrischen Bedarfs zusammenhängende Elektroantriebsanlagen, mit denen vielfach die fabrikatorischen Aufgaben besser erreicht werden als mit dem normalen Motor oder gar mit nichtelektrischer Antriebsweise, von denen man also mit Recht sagen kann, daß ihr produktiver Gesamtwert größer ist als der der Summe ihrer Teile. Bekanntlich hat sich der elektrische Antrieb von dem ursprünglichen Stande reiner Kraftübertragungs-, ja Kraftersparnisabsicht immer mehr zu einem erstrangigen Hilfsmittel der industriellen Fertigung erhoben. Die Elektroantriebstechnik geht heute auf das Ganze der industriellen Erzeugung und ihrer Verbesserungsmöglichkeiten, und hierbei wird der Elektroingenieur oft zum Helfer und Berater der Industrie bei der Weiterentwicklung ihrer Fertigungsverfahren. Wenn nicht die Vertreter der Elektroantriebstechnik in die Industriebetriebe gegangen wären, um dort die Fertigungs- und Antriebsbedingungen auf das sorgfältigste zu studieren und den Kern der Antriebsprobleme herauszuschälen, dann hätten wir heute vielleicht keine Kommutatormotoren, keine Leuchtwarten usw. Die Antriebstechnik ist es also, welche die industriellen Probleme an die Sonderfabriken der Starkstromindustrie erst herangebracht und diesen die Anregung und den Anstoß zur Weiterbildung des Vorhandenen und zum Aufschließen neuer Wege zugeleitet hat. Wirtschaftlich aber kann man sagen: In dem Maße, wie die elektrischen Anlagen in der

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten im VDE Gau Berlin-Brandenburg zur Eröffnung der Fachgruppe „Elektrische Antriebe und Industrieanlagen" am 27. 2. 1936.

Digitized by Google

Industrie an Umfang zunehmen, die Schalt- und Verteilungsanlagen sich ausweiten, in dem Maße gelangt die gesamte Starkstromindustrie (Erzeuger von Motoren, Schaltgeräten, Kabeln, Leitungen, Meßgeräten usw.) zur erweiterten Lieferung und zur Gewinnung der unentbehrlichen Erfahrungen bei der Aufnahme neuer Erzeugnisse. So gesehen ist die Elektroantriebstechnik wirtschaftlich und entwicklungstechnisch sozusagen die Mutter der Sonderfabrikationen, deren Erzeugnissen sie vielfach erst zum Leben und Bestehen verhilft im Rahmen zusammenhängender Antriebsanlagen in den Betrieben der Industrie.

U/min	6000	10000	15000		20000
Motorlagerung	starr	elastische Welle			
Gehäuse-abstützung	Hohlgummiring	3 Gummifüße		Vollgummiring	
Schmierung	Fett	selbsttätige Ölumlaufschmierung			
		Metall-Ölgefäß	Glas-Ölgefäß (wenig geschützt)	Glas-Ölgefäß (geschützt)	
Schutzhaube	Messing	Bakelit			
Aufsatzstück	Messing				Messing u. Bakelit
Baujahr	1924	1928	1931	1935	1936

Abb. 3. Entwicklung der elektrischen Kunstseide-Spinnzentrifuge.

Wenn soeben die starke Anregung erwähnt wurde, die von der industriellen Antriebstechnik auf die wirtschaftliche Entwicklung der Starkstrom-Fabrikationswerke ausstrahlt, so kann hier eine ermutigende Feststellung angeschlossen werden, die sich aus den Beobachtungen der letzten Jahre ergeben hat, nämlich daß die hochwertige und leistungsfähige Elektroausrüstung sich trotz hoher Erstellungskosten auf der ganzen Linie immer mehr durchsetzt. Worin liegt das begründet? — Hier muß einen Augenblick auf die Systematik des elektrischen Antriebes zurückgegriffen werden. Eine der wichtigsten Eigenschaften elektrischer Antriebe ist bekanntlich die in weiten Bereichen stufenlos, bequem und praktisch ohne Energieeinbuße veränderbare Arbeitsgeschwindigkeit. In der industriellen Fertigung gibt es für jede Erzeugnisart und -größe eine günstigste Arbeitsgeschwindigkeit, sei es für ein bestimmtes Walzprofil oder eine Papiersorte oder eine Garnnummer. Fast bei jedem beliebigen Antrieb wird aber eine möglichst vollkommene Regelfähigkeit gebraucht, und hier liegt einer der Haupthebel, an dem die Elektrotechnik den gesamten industriellen Fortschritt vorwärts getrieben hat.

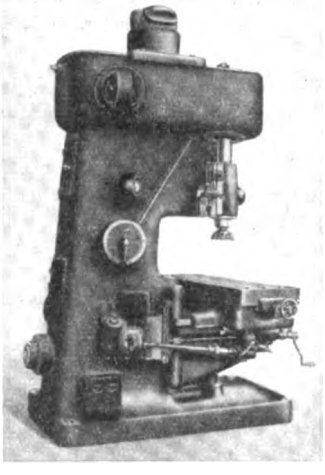


Abb. 4. Elektrischer Einzelantrieb einer Vertikalfräsmaschine: eingebauter Leonard-Antrieb 3,5 bis 7,5 kW, 350 bis 3000 U/min für Frässpindel, Vorschubmotor 2,2 kW und Druckknopfsteuerung.

Wenn wir nun gut regeln wollen, dann müssen wir schon zu dem kostspieligeren Drehstrom-Kommutatormotor greifen oder bei höheren Bereichen gar zur Leonard-Steuerung, bei der sich bekanntlich eine aus drei Elektromaschinen gebildete besondere Stromversorgung von der zentralen Energieverteilung losgelöst und mit dem Antriebsmotor zusammen die „Wanderung auf die Arbeitsmaschine hin" angetreten hat. Wieso ist das aber nun wirtschaftlich tragbar und vor allen Dingen absatzfähig? Als Beispiel diene eine neuzeitliche Senkrecht-Fräsmaschine (Abb. 4). Neuartig ist daran, daß man erstmalig die Leonard-Steuerung für einen Hauptantrieb angewendet hat, während sie bisher nur für Hilfsantriebe benutzt wurde, wie Tischvorschub oder Werkzeugbewegung. Früher fräste eine solche Maschine Stahl und Eisen mit damals üblichen Drehstählen und Geschwindigkeiten. Heute wird viel an Leichtmetall und mit Widiaschneiden gearbeitet, beides Umstände, die auf erhöhte Schnittgeschwindigkeiten hinweisen. Da aber die niedrigen Geschwindigkeiten auch immer noch vorkommen, bedeutet das im ganzen eine beträchtliche Erweiterung des Regelbereichs bis auf 1 : 10 und mehr, was elektrisch eben am besten mit der Leonard-Steuerung zu beherrschen ist. Der Betriebsleiter der Metallwerkstätten braucht also heute diese erweiterte Regelmöglichkeit, und darum übernimmt er auch die drei elektrischen Maschinen statt einer, und die Maschinenfabrik baut die Gestelle auf Reihenfertigung. Abb. 4 zeigt, wie die Leonard-Maschine und der

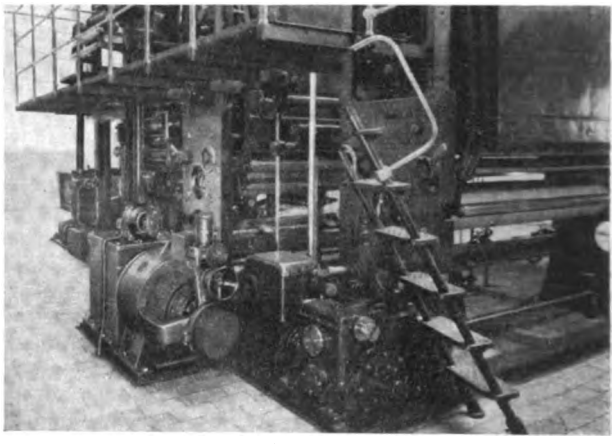


Abb. 5. Vollselbsttätiger elektrischer Antrieb einer schnellaufenden Tiefdruck-Rotationsmaschine, Drehstrom-Nebenschlußmotor 22 kW, 220 V 260 bis 1560 U/min.

Fräsmotor zweckmäßig und gefällig in den Kopf der Werkzeugmaschine eingebaut sind, ein Vorgehen, in dem die Werkzeugmaschinenindustrie als vorbildlich angesprochen werden kann.

Ähnlich liegen die Dinge auf vielen anderen Industriegebieten. Warum treibt man heute eine Tiefdruck-Rotationsmaschine (Abb. 5) für zwei Druckwerke mit dem teuren Drehstrom-Nebenschlußmotor an, wo doch der bescheidenere Asynchronmotor mit Läuferregelung solange gut gewesen war? Auch hier liegt die Sache ähnlich wie bei der Fräsmaschine. Es ist allgemein möglich geworden, die Höchstdruckgeschwindigkeiten hinaufzurücken durch das schnellere Trocknen der Druckfarben mit Hilfe neuerer Trockenverfahren. Da aber die alte untere Drehzahlgrenze für bestimmte Drucksorten beibehalten werden muß, so kommt man wiederum auf eine Erweiterung des Regelbereiches, die sofort den teureren Drehstrom-Nebenschlußmotor rechtfertigt. Nebenschlußkennlinie ist hier auch deshalb angebracht, weil die Leistung wegen öfteren Zu- und Abschaltens der Druckwerke wechselt. Hält man noch dazu, daß diese Tiefdruckmaschinen Tag und Nacht durcharbeiten, so müssen infolge des längeren und tieferen Herabregelns schon bei mittleren Strompreisen die Verluste der asynchronen Läuferregelung derart zu Buch schlagen, daß sich heute der Drehstrom-Nebenschlußmotor bei diesen Druckmaschinen als bester, wirtschaftlichster Antrieb durchgesetzt hat, trotz der teureren Ausrüstung, die durch Druckknopfsteuerung und sonstige Zutaten noch wie üblich erweitert wird.

Digitized by Google

Sind es so häufig Verbesserungen an den Arbeitsverfahren, die einer Vergrößerung des Regelbereichs Vorschub leisten, so ist dies auch die passende Lösung in solchen Fällen, wo die Anforderungen an die Güte des Erzeugnisses über das gewohnte Maß hinaus gesteigert werden. Auch dafür zwei Beispiele: Zunächst die Erstausführung eines Mehrmotorenantriebes für einen großen Papierkalander, die nach verschiedenen Richtungen hin bemerkenswert ist.

Ein Kalander hat die Aufgabe, zwischen seinen Walzen die verschiedensten Papiersorten — jede mit einer anderen Arbeitsgeschwindigkeit — zu glätten (Abb. 6) unter An-

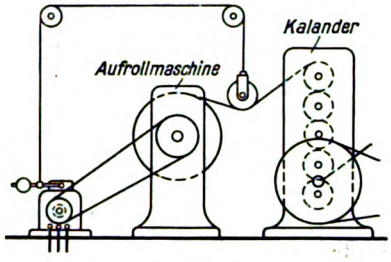


Abb. 6. Aufrollvorrichtung mit elektromechanischer Papierzugregelung.

wendung von Walzendrücken, die im vorliegenden Falle zu einem 240 kW-Antrieb mit Arbeitsregelbereich von 1 : 2,5 geführt haben. Der Motor wurde in Anbetracht der bei so hohen Leistungen nicht unbeträchtlichen Leonard-Umformer-Verluste als großer Drehstrom-Nebenschlußmotor ausgeführt. Hier tritt nun die als Durchmesserregelung bekannte Antriebsaufgabe hervor. Die Papierbahn muß nach der Glättung schließlich aufgewickelt werden und dazu mit gleichbleibender Laufgeschwindigkeit auf die Wickelwalzenoberfläche übergehen. Diese Walze kann also nicht in fester Übersetzung mit dem übrigen Kalandergetriebe stehen, sondern muß mit wachsendem Rollendurchmesser nach dem Hyperbelgesetz verlangsamt werden. Das ist ja an sich unerläßlich, wenn der Betrieb überhaupt laufend vonstatten gehen soll, aber mit welcher Genauigkeit das gemacht wird, ist von größtem Einfluß auf das Güteergebnis der Wicklung. Ursprünglich machte man das schlecht und recht mit mechanischen Rutschkupplungen, die große Energiefresser und nur absatzweise von Hand nachstellbar waren, wobei es Stöße, Papierbruch und Papierschichten mit Wickelfalten gab, die von dem Drucker als Ausschuß zurückgewiesen wurden. Um derartiges zu verhüten, ist auch der Versuch einer selbsttätigen elektromechanischen Regelung mit einer Fühlwalze, s. Abb. 6, die die Drehzahlen des Antriebsmotors steuert, für die empfindliche Papierbahn noch nicht feinfühlig genug. Eine wirklich einwandfreie, faltenlose, überall gleichmäßig feste (klangharte) Wicklung liefert nur der Elektrowickler in der überaus einfachen Durchbildung für Gleichstrom, der aus einem auf der Achse des Hauptkalandermotors mitlaufenden Gleichstromgenerator entnommen wird.

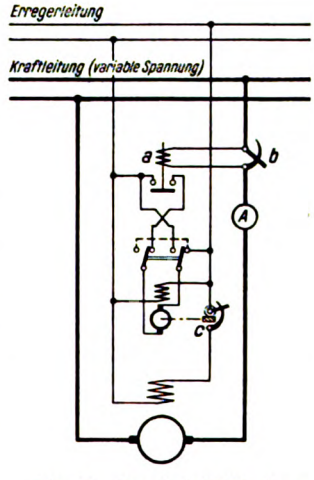


Abb. 7. Grundschaltbild eines Elektrowicklers (Gleichstrom).

Der Gleichstrom-Antriebsmotor der Aufrollwalze wird durch Relais und motorischen Feldregler (Abb. 7) selbsttätig auf konstanten Strom gesteuert. Dadurch ist die Gleichhaltung von Papiergeschwindigkeit und Papierzug an der Aufrollwalzenoberfläche mitbedingt, also auch eine konstante Leistungsaufnahme des Aufrollmotors, die in bezug auf seine Größenbemessung und Betriebsverhältnisse vorteilhaft ist. Gibt man nun etwas mehr Strom am Einstellregler des Aufrollmotors, so läuft sofort der Regelvorgang auf einer anderen Höhenlage wieder selbsttätig und richtig ab, man bekommt etwas mehr Papierzug und eine andere Auswirkung desselben auf die Festigkeitseigenschaften des Papiers und die Güte der Aufwicklung. Diese einfache Sachverhaltistein Schlüssel für die Einschätzung dieses Regelantriebes. Man kann hier ohne Störung des Betriebes durch einfache und nur einmalige elektrische Schaltmaßnahmen dem Papierzug beliebige Werte geben, um so das Optimum der Verarbeitung für jede Papiersorte schnell und sicher zu finden. Das ist vom heutigen Bewertungsstandpunkt aus das Wichtige, hinter dem die sonstigen allgemeinen Vorzüge des elektrischen Einzelantriebes — die Energieersparnis durch Freimachung von Transmissionen und Zwischengetrieben, die Übersichtlichkeit, die Ortsungebundenheit — beinahe zurücktreten. In dieser Einfachheit und Unmittelbarkeit — keine Regelung nach einem geschätzten und deshalb stets nachprüfungsbedürftigen Programm, sondern selbsttätige Steuerung vom Werkstoffverhalten aus — stellt der Elektrowickler bereits eine gewisse Endstufe der Entwicklung von

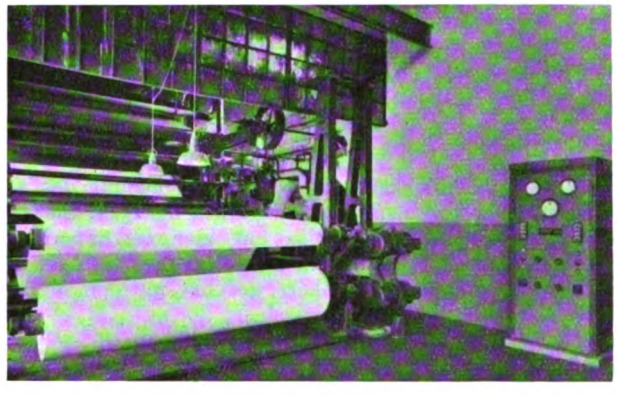


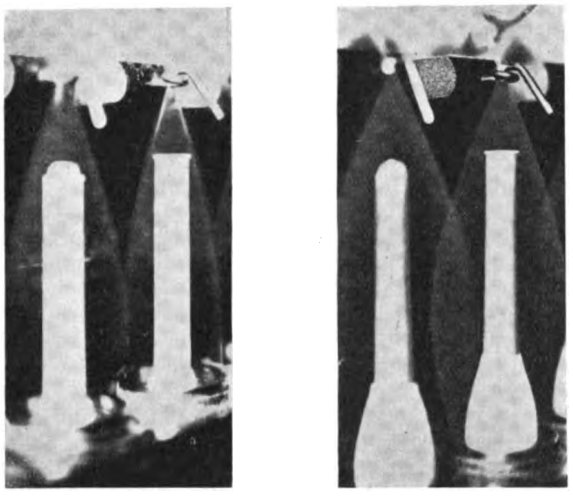
Abb. 8. Elektrowickler einer Papiermaschine, 15 bis 150 m/min Papiergeschwindigkeit, 1 : 73 Gesamtregelbereich, ohne Getriebeumschaltung.

Regelantrieben dar. Dies kommt mit zum Ausdruck in der gefälligen Durchbildung mit Vorgelegemotoren (Abb. 8), die in einfacher Weise auf die Zapfen der anzutreibenden Wickelwellen gehängt sind. Die verteuernde Ausweitung, welche diese Antriebsausrüstung durch die (elektrotechnisch bemerkenswerte) Reihenschaltung eines großen Drehstrom-Hauptmotors mit einer kleinen Gleichstromautomatik erfahren hat, wird für Höchstanforderungen an die Güte des Arbeitsergebnisses heute als wirtschaftlich anerkannt. Aussichten auf Verbesserung der Erzeugnisgüte liefern heute stärkste Anreize zur Bevorzugung und Erprobung hochwertiger Antriebsausrüstungen, und hierbei gewinnt die Ausnutzung der elektrischen Messung zu arbeitstechnologischen Erkenntnissen und Hilfsstellungen zunehmende Bedeutung.

So einfach wie beim Elektrowickler, wo der ablesbare Stromwert das unmittelbare Maß ist für die Beanspruchung des Werkstoffes bei der Verarbeitung, den Papierzug, liegt allerdings die Sache bei vielen anderen Arbeitsmaschinen nicht. Da heißt es dann, tiefer in die Technologie des betreffenden Arbeitsvorganges einzudringen. Das verursacht dem zünftigen Elektrotechniker zunächst Unbehagen! Dies schwindet aber in dem Maße, als die Aussicht wächst, den Arbeitsvorgang eben durch sorgfältiges Studium mit elektrischen Meß- und Antriebs-

Digitized by Google

mitteln wirtschaftlicher gestalten zu können. Wie durch den Willen zur vollständigen Lösung der Antriebsaufgabe der Elektrotechniker zum Interesse für die Fertigungstechnologie allmählich erzogen wird, das sei noch am Beispiel des Regelantriebes der Ringspinnmaschine beleuchtet, ebenfalls eine „Durchmesserregelung", bei der aber der Zusammenhang zwischen elek-



a b

Aufwindung auf	Fadenballon	Fadenzug
a kleiner Spulen-Dmr.	straff	stark
b großer Spulen-Dmr.	locker	schwach

Abb. 9. Spinnende Ringspindeln.

trischer Meßmöglichkeit und der Beanspruchung des Arbeitsguts beim Spinnen weniger einfach als beim Elektrowickler zu erfassen ist. Dies hat hier zur Schaffung eines besonderen elektrotechnologischen Meßgerätes, des elektrischen Fadenzugschreibers, geführt, mit dem die Arbeitsweise von Maschine und Regelantrieb überprüft wird und zugleich über manche offenen Fragen des Spinnvorganges eine von den Spinnern begrüßte Aufklärung[2]) verbreitet werden konnte.

Bei den Spinnmaschinen ist der Werkstoff der empfindliche Faden, der pfleglam zu behandeln ist dadurch, daß seine Beanspruchung, nämlich der Fadenzug beim Spinnen, möglichst auf dem zuträglichsten Wert gehalten wird. Abb. 9 zeigt spinnende Spindeln einer Ringspinnmaschine, denen der Faden von oben her in lockerer Form als sogenanntes Vorgarn zugeführt wird. Durch die sich drehende Spindel wird er nun unter Durchgang durch ein auf dem Ringe im Kreise mit herumgeschlepptes Drahthäkchen (Läufer) fest zusammengedreht und auf die Spule aufgewunden, und dies in kegelförmigen Garnschichten; kegelförmig deshalb, damit der Faden bei Verwendung der Spule im Schützen des Webstuhls ungehindert über die Spitze hinweg abziehen läßt. Zur Auflegung dieser kegelförmigen Windungsschichten nacheinander werden alle Ringe und Läufer auf einer gemeinsamen Ringbank periodisch um die Höhe des Windungskegels auf und nieder geführt und nach jeder Schicht um die Fadendicke weiter aufwärts geschaltet, bis zur Fertigstellung der ganzen Spule. Nun ist bei tiefer Ringbankstellung, also Aufwinden auf großem Spulendurchmesser, der Fadenballon locker, was auf niedrigen Fadenzug schließen läßt. Bei oberer Ringbankstellung und Aufwinden auf kleinem Spulendurchmesser ist der Ballon straff, die Fadenzüge hoch. Das liegt in den mechanischen Verhältnissen der Aufwindeanordnung begründet, worauf hier im einzelnen nicht näher eingegangen sei. Die Veränderlichkeit beträgt, von oben gerechnet, im Höchstfalle 50 bis 60 %. Es liegt auf der Hand, daß solche Schwankungen im Spinnfadenzug für die Güteeigenschaften des fertigen Fadens, die Festigkeit, die Dehnungsfähigkeit, die Gleichmäßigkeit nicht zuträglich sein können, daß vielmehr alle Seiten der Garnherstellung durch diese Verhältnisse nachteilig beeinflußt werden. Um diesem Übelstande beizukommen, war es nötig, sie zunächst einmal gründlich klarzustellen durch die Messung, und hierzu konnte nur ein Gerät in Frage kommen, das bei geringster mechanischer Beanspruchung der zarten Fäden kleine Trägheit mit der Möglichkeit zur fortlaufenden Aufzeichnung der Vorgänge durch Tintenschreiber gestattete. Ein solches Gerät wurde gefunden in dem Düsenbolometer von Sell, das nach Abb. 10 mit einer Abtastvorrichtung für den Faden zum elektrischen Fadenzugschreiber zusammengebaut wurde. Wegen der grundsätzlichen Bedeutung solcher elektro-technologischer Meßgeräte sei hier eine kurze Erläuterung der Wirkungsweise eingefügt.

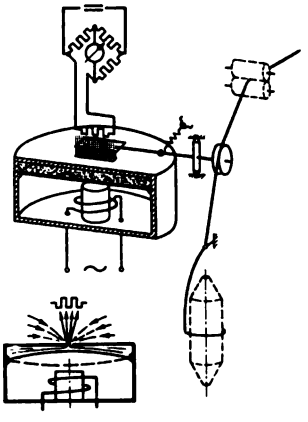


Abb. 10. Elektrischer Fadenzugschreiber.

Der Faden wird über eine an einem Hebel gelagerte leichte Fühlrolle geführt, die durch eine einstellbare zarte Feder an den Faden gedrückt wird. Dadurch bewegt sich eine flache Blende am anderen Ende dieses Hebels über zwei Luftschlitzen einer Dose, über der vier Drahtwendeln gleichen Widerstandes untergebracht sind, die eine mit Gleichstrom geheizte Brückenschaltung darstellen. Bei gleicher Temperatur der vier Brückenzweige ist die Ausgleichleitung stromlos; werden durch unterschiedliche Heizung oder Abkühlung eines der vier Zweige die Widerstandsverhältnisse geändert und dadurch die Brückenanordnung verstimmt, so entsteht ein Ausgleichstrom, der in der Lage ist, in einem Meßgerät einen Zeigerausschlag zu bewirken und einen oder zwei Tintenschreiber für laufende Aufzeichnung der Angaben zu betreiben. Eine solche Verstimmung wird nun in Abhängigkeit von Änderungen des Fadenzuges auf folgende Weise bewirkt: Die vorhin erwähnte Dose enthält eine gewöhnliche Telephonmembran, die in üblicher Weise durch einen mit Netzfrequenz gespeisten Magnet in Schwingung versetzt wird. Die Membran wirkt dabei auf die darüber befindliche, eingeschlossene Luftmenge wie eine absetzend arbeitende Luftpumpe. Bei Ausbauchung der Membran nach oben wird die Luft in einem verdichteten Strahl durch den Luftschlitz nach oben ausgestoßen, beim Rückschwingen der Membran jedoch seitlich diffus eingezogen, mit der Wirkung, daß bei Freigabe der Luftschlitzöffnung durch die Blende der darüber befindliche Brückenwiderstandszweig von einem kühlenden Dauerluftstrom bestrichen wird. Je nach Stärke des Fadenzuges wird nun der Luftschlitz in der Dosenabdeckung mehr oder weniger geöffnet und dadurch die Meßanzeige entsprechend in Tätigkeit gesetzt. Es bedarf also zu dieser Messung nur ganz winziger Ausschläge der Bolometerblende; eine für den Spinnvorgang nachteilige Beeinflussung des Fadens findet nicht statt. Das Gerät hat sich für die Zwecke der Spinnerei als außerordentlich feinfühlig und genügend trägheitslos erwiesen. *(Schluß folgt.)*

[2]) Vgl. F. Oertel, Die Fadenzugmessung und ihre Anwendung zur Weiterentwicklung der Spinnverfahren und -Maschinen, Dtsch. Textilwirtsch. (1936) H. 14.

Digitized by Google

Elektrisches Messen und Regeln der Temperatur.

Von Herbert-Otto Meyer, Berlin.

621. 317. 39 + 621. 316. 74 : 536. 5

Übersicht. Der Aufsatz behandelt zunächst die verschiedenen Möglichkeiten der elektrischen Messung von Temperaturen mit Widerstandsthermometern, Thermoelementen und Strahlungspyrometern. Es werden Hinweise für einen günstigen Einbau und die richtige Anwendung dieser einzelnen Meßgeräte gegeben. Im zweiten Teil werden elektrische Temperaturregler für Ein-Aus-Schaltung und für stetige Reglung in ihrem Aufbau beschrieben, besonders wird auf den ausschlagabhängigen Kompensationsregler mit elastischer Rückführung eingegangen.

In fast jeder industriellen Anlage gibt es Vorgänge, für deren einwandfreien Verlauf die Innehaltung bestimmter Temperaturen erforderlich ist: die Eisen- und Metallindustrie besitzt eine Unzahl Öfen mit jeglicher Art von Heizung, die auf einer gleichmäßigen Temperatur gehalten werden müssen; im Kraft- und Heizwerkbetrieb benötigt man z. B. konstante Temperaturen für den Heißdampf und für die in Wärmeaustauschern verarbeiteten Wassermengen; beinahe jeder chemische Vorgang erfordert die Innehaltung ganz bestimmter Temperaturen, wenn er in der gewünschten Richtung und mit dem günstigsten Wirkungsgrad ablaufen soll; Erdölverarbeitungsbetriebe und Benzingewinnungsanlagen sind auf das engste an ganz genaue Temperaturen gebunden usw. Beispiele lassen sich für jeden Betrieb finden.

Um die einmal gewünschte Temperatur einhalten zu können, müssen an jeder Anlage entsprechende Vorrichtungen vorhanden sein, Ventile, Drosselklappen, Schaltschütze oder etwa Regeltransformatoren, die entsprechend der Temperatur gesteuert werden. Überläßt man die Bedienung dem damit Beauftragten, so ist das Vorhandensein von Anzeigegeräten für die Temperatur unbedingt erforderlich, denn man wird sich kaum auf die subjektive Beobachtung verlassen wollen und können. Ebenso wie die Messung der Temperatur bei der Handbedienung erforderlich ist, so muß auch bei der selbsttätigen Reglung zunächst einmal die Temperatur gemessen werden (wobei allerdings eine Anzeige nicht unbedingt erforderlich ist), dieser Meßwert dient als Impuls für die Auslösung der Regelvorgänge. Zwischen den einzelnen Meßstellen draußen im Betrieb und dem Aufstellungsort der Meß- und Regelgeräte sind vielfach recht beachtliche Entfernungen zu überbrücken, zumal, wenn man eine Reihe dieser Geräte in einer Warte zusammenfaßt, um von einer Stelle aus einen Überblick über den Ablauf der ganzen Vorgänge zu erhalten. Um auch bei derartigen Entfernungen einwandfreie Meßergebnisse zu erzielen, die weder durch die Länge zwischen Impulsgeber und Anzeigeinstrument, noch durch Temperaturschwankungen längs der Verbindungsleitung beeinflußt werden, wählt man für die Messung das elektrische Verfahren. Elektrische Temperaturmeßgeräte[1]) sind auch für ihre ganze Lebensdauer konstant, es können keine Ermüdungserscheinungen auftreten, wie man sie bei mechanisch arbeitenden Geräten nach mehr oder weniger langer Zeit zu erwarten hat. Zu den bereits erwähnten Vorteilen kommt weiter der einfache Einbau solcher Einrichtungen. Durchweg genügen zwei elektrische Leitungen zwischen Meßstelle und Instrument. Bei größeren Entfernungen sind drei Adern erforderlich; man kann auf diese Weise viele 100 Meter überbrücken, ohne daß Temperaturschwankungen längs der Leitung das Meßergebnis irgendwie fälschen.

Nun sollen zunächst kurz die einzelnen für die Temperaturmessung geeigneten Verfahren betrachtet werden, die Messung mit Widerstandsthermometern, mit Thermoelementen und die mit Strahlungspyrometern. Widerstandsthermometer[2]) sind üblicherweise für Temperaturen von beliebig tiefen Minuswerten bis herauf zu etwa 500 ° C erhältlich. Dabei können der Druck und die chemische Zusammensetzung des zu messenden Stoffs durch Auswahl geeigneter Schutzhüllen berücksichtigt werden. Ein solches Widerstandsthermometer besteht im wesentlichen aus einer Platinspirale, die in ein Quarzrohr eingeschmolzen ist, und durch weitere Rohre aus geeigneten Stoffen geschützt wird. Die Auswahl der Schutzrohre ist für den Lieferer der Thermometer manchmal nicht einfach, sei es, daß mit dem betreffenden Stoff keine Erfahrungen vorliegen, sei es, daß vielleicht überhaupt nicht genau angegeben ist, um welche Flüssigkeiten oder

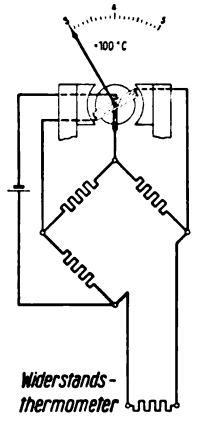


Abb. 1. Widerstandsthermometer in spannungsunabhängiger Brückenkreuzspulschaltung.

Abb. 2. Thermoelement mit Isolierröhrchen.

Gase es sich handelt. Weniger Schwierigkeiten als der chemische Angriff der zu messenden Flüssigkeiten bereitet die mechanische Beanspruchung der Schutzrohre durch Druck oder Strömung. Entweder wählt man die Abmessungen entsprechend oder aber man baut die Thermometer in besondere Einbauflaschen ein. Das letztere Verfahren hat zwar den Nachteil, daß die Anzeigeverzögerung etwas größer wird, man kann dies aber durch Füllung des Luftraumes zwischen Thermometer und Schutzhülle durch Öl, Bleiwolle, Kupferspäne oder dgl. weitgehend ausgleichen.

Die Messung mit Widerstandsthermometern beruht darauf, daß der elektrische Widerstand von Metallen mit der Temperatur steigt; dieser Widerstand wird mit einem elektrischen Instrument gemessen. Es handelt sich also tatsächlich um eine reine Widerstandsmessung, wobei das Anzeigeinstrument oder Schreibgerät in ° C geeicht wird. Sämtliche Thermometer besitzen eine untereinander gleiche Kennlinie, so daß man mehrere Thermometer umschaltbar an das gleiche Instrument anschließen und mit einer einzigen Eichung auskommen kann. Die Messung selbst erfolgt spannungsunabhängig mit Kreuzspul- oder Brückenkreuzspul-Meßwerken[3]), es ist also nicht nötig, die Meßspannung mit besonderen Vorrichtungen konstant zu halten, man kann vielmehr die gesamte Meßeinrichtung über einen kleinen Trockengleichrichter ans Netz legen (Abb. 1).

Wenn die Temperaturen höher liegen als etwa 500 ° C, müssen an Stelle der Widerstandsthermometer Thermo-

[1]) Keinath: Temperatur-Meßgeräte, München: R. Oldenbourg 1923.

[2]) Arch. techn. Mess. (1933) Lfg. 19, J 221—1.

[3]) H. Grüss, Elektrische Quotienten-Meßgeräte, Meßtechn. 9 (1933) S. 233.

Digitized by Google

elemente benutzt werden. Ein solches Thermoelement besteht aus zwei Drähten aus verschiedenem Metall, die an der Meßstelle miteinander verlötet sind (Abb. 2). Bei Erhitzung der Lötstelle entsteht eine Spannung, die mit einem Drehspulgalvanometer gemessen werden kann; das Instrument wird in ° C beschriftet. Gebräuchlich sind die Zusammenstellungen Eisen-Konstantan bis 800 ° C, Nickel-Nickelchrom bis 1100 ° C und Platin-Platinrhodium bis etwa 1600 ° C. Für solche Elemente liegen die Eichreihen genau fest, man kann also jederzeit nachträglich andere an das gleiche Instrument anschließen, ohne daß eine Umeichung erforderlich wäre.

Außer diesen gebräuchlichen Elementen gibt es noch eine Reihe anderer Zusammenstellungen, etwa Silber-Konstantan, Kupfer-Konstantan u. dgl. Weiter gibt es beispielsweise Edelmetall-Legierungen, die für höhere Temperaturen als 1100 ° C geeignet sind und die eine erheblich höhere Thermokraft besitzen als Platin-Platinrhodium[4]). Immerhin sind diese Elemente verhältnismäßig teuer und besitzen einen hohen Eigenwiderstand, der sich mit der Temperatur ändert, so daß die Verwendung von billigen Betriebsinstrumenten mit verhältnismäßig hohem Stromverbrauch nur bedingt möglich ist.

Bezüglich der Auswahl der Schutzrohre für Thermoelemente[5]) gilt zunächst grundsätzlich das gleiche wie für die Widerstandsthermometer. Bei den Elementen aus Edelmetall, also z. B. Platin-Platinrhodium, muß besonders beachtet werden, daß sie gegen Metalldämpfe außerordentlich empfindlich sind. Man darf daher Edelmetallelemente unter keinen Umständen ohne weiteres in metallische Schutzrohre stecken, es muß vielmehr zunächst stets ein gasdichtes keramisches Rohr vorgesehen werden.

An der Verbindungsstelle zwischen dem eigentlichen Thermoelement und der Fernleitung, der Kaltlötstelle, bilden sich zwei neue Elemente, so beispielsweise bei Verwendung eines Nickel-Nickelchrom-Elementes das Element Nickel-Kupfer und das Element Nickelchrom-Kupfer. Wenn nun diese Verbindungsstelle Temperaturschwankungen ausgesetzt ist, so entstehen hier zusätzliche Thermokräfte, die die Anzeige fälschen. Um das zu verhüten, gibt es verschiedene Wege. Der einfachste und meist benutzte ist, mit Kompensationsleitung zu arbeiten. Man verlängert das Element mit Hilfe einer solchen Kompensationsleitung bis zu einer Stelle, an der Temperaturschwankungen nicht mehr auftreten. Meist ist das in vielleicht 2 bis 3 m Entfernung vom Anschlußkopf des Elements der Fall. Die Kompensationsleitung selbst besteht aus dem gleichen Metall wie das Thermoelement, lediglich für die Platin-Platinrhodium-Elemente wird eine besondere Legierung benutzt, deren EMK mit der für Platinelemente im unteren Bereich übereinstimmt.

Falls es nicht möglich ist, in dieser Weise mit Kompensationsleitung zu arbeiten, weil eine Stelle mit einigermaßen gleichmäßiger Temperatur nicht gefunden werden kann, besteht die Möglichkeit, die mit Hilfe der Kompensationsleitung vom Element weggeführte Kaltlötstelle entweder in die Erde zu vergraben, wo man nur noch mit geringer Schwankung der Temperatur zu rechnen braucht, oder aber man sieht einen kleinen elektrisch geheizten Thermostaten vor, in dem gleichzeitig mehrere Kaltlötstellen untergebracht werden können. Es ist dies ein Weg, der in der Praxis vielfach Anwendung findet.

Diese ganzen Lösungen laufen darauf hinaus, konstante Temperaturverhältnisse für die Kaltlötstelle herzustellen. Je nach der Höhe der Temperatur an dieser Stelle muß der Nullpunkt des Anzeigeinstruments mit Hilfe des eingebauten Nullpunktrückers eingestellt werden. Eine andere Möglichkeit für die Berücksichtigung einer schwankenden Kaltlötstellentemperatur ist dadurch gegeben, daß der Nullpunktrücker des Instruments selbsttätig in Abhängigkeit von der Kaltlötstellentemperatur verstellt wird. In diesem Fall muß die Kompensationsleitung bis zum Instrument geführt werden. In demselben ist eine Bimetallfeder untergebracht, die entsprechend der Temperatur den Nullpunktrücker verstellt. Schließlich kann man auch noch durch besondere Schaltungen mit außenliegender Stromquelle den Einfluß schwankender Kaltlötstellentemperatur ausgleichen[6]).

Das Thermoelement ist auf jeden Fall das billigste und bequemste Meßelement für Temperaturen, es sollte daher stets dort angewendet werden, wo die Temperaturen eine gewisse Höhe haben, so daß die erzeugte EMK zum Betrieb des Instruments ausreicht. Voraussetzung für die einwandfreie Messung ist eine Berücksichtigung der Kaltlötstellentemperatur.

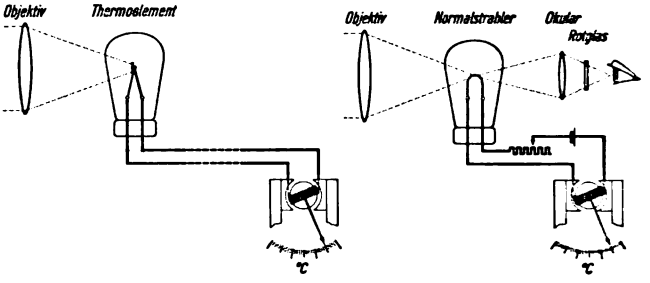


Abb. 3. Gesamt-Strahlungspyrometer und Teilstrahlungspyrometer.

Für Temperaturen, die über 800 ° C liegen, bis herauf zu beliebig hohen Werten, kann man schließlich noch mit Strahlungspyrometern[7]) messen. Ein solches Strahlungspyrometer besteht im wesentlichen aus einem Thermoelement kleiner Abmessungen, das sich in einem Glaskolben befindet und durch eine Optik von dem zu messenden Gegenstand angestrahlt wird. An das Thermoelement wird wiederum ein Drehspul-Galvanometer in Gradeichung angeschlossen (Abb. 3). Die Verwendung eines solchen Strahlungspyrometers bietet den Vorteil, daß man das eigentliche Meßelement nicht der hohen Temperatur auszusetzen braucht. Der zu messende Körper wird lediglich anvisiert und die von ihm ausgehende Strahlung bestimmt. Voraussetzung für eine richtige Messung ist das Vorhandensein eines schwarzen Körpers[8]). In der Praxis stellt beispielsweise das Innere eines Ofens einen solchen schwarzen Körper dar. Man kann in einem solchen Fall entweder das darin befindliche Gut anvisieren oder, falls das nicht möglich ist, entweder eine Wandung des Ofens, sofern deren Temperatur interessiert, oder aber ein in dem Ofen aufgehängtes Blechstück aus zunderfreiem Stahl, und auf diese Weise die Temperatur im Ofen bestimmen. Sofern kein schwarzer Körper vorhanden ist, wenn also etwa die Temperatur einer offen dastehenden Metallschmelze gemessen werden soll, muß man Korrekturwerte berücksichtigen, die für eine größere Anzahl von Werkstoffen auf Grund von Versuchen festgelegt wurden.

Außer diesen Gesamt-Strahlungspyrometern gibt es Teilstrahlungspyrometer für subjektive Messungen. Bei diesen Geräten vergleicht man die Helligkeit des zu messenden Körpers mit der einer geeichten kleinen Glühlampe, die über einen regelbaren Widerstand von einer Taschenlampenbatterie gespeist wird. Dieser Widerstand muß so lange verstellt werden, bis der Faden der Lampe und der zu messende Körper gleiche Helligkeit zeigen, also der Faden im Blickfeld des zu messenden Körpers verschwindet. Der bei dieser Einstellung des Glühfadenpyrometers mit Hilfe eines besonderen Galvanometers gemessene Strom ist ein Maß für die Temperatur, auch hier wird die Eichung in ° C vorgenommen. Die Messung mit

[4]) Vgl. Feußner, ETZ 54 (1933) S. 155.
[5]) Arch. techn. Mess. (1932) Lfg. 18, J 243—1.
[6]) Vgl. a. ETZ 57 (1936) H. 17, S. 467, Thermoelement ohne Kompensationsleitungen.
[7]) Arch. techn. Mess. (1931) Lfg. 1, V 214—1.
[8]) Der Chemie-Ingenieur, Bd. 2, Teil 3, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H. 1933.

Digitized by Google

einem solchen Glühfadenpyrometer erfolgt im roten Licht unter Verwendung eines Rotfilters. Das ist deshalb erforderlich, weil eine bestimmte, gleiche Wellenlänge des Lichts benötigt wird, um die beiden Strahlungsintensitäten der Lampe und des zu messenden Körpers miteinander zu vergleichen.

Anzeigeinstrumente für Temperaturen gibt es in den verschiedensten Ausführungen, je nach dem in Frage kommenden Verwendungszweck und der gestellten Aufgabe. So gibt es runde Betriebsinstrumente, mit einem Durchmesser von etwa 80 bis 90 mm, bis herauf zu etwa 800 mm, darüber hinaus kann man durch besondere Schaltungen und zusätzliche Einrichtungen auch Rieseninstrumente vorsehen, deren Zeiger eine Länge von mehreren Metern haben können. Eine andere Reihe von Instrumenten stellen die Profilgeräte dar, bei denen die Lagerung im Gegensatz zu den Betriebsinstrumenten senkrecht liegt. Hierdurch wird die Reibung geringer, Profilgeräte haben deshalb durchweg engere Spielgrenzen. Bei Verwendung in größerer Anzahl nehmen sie nicht soviel Platz weg wie die Rundinstrumente.

Zur Aufzeichnung von Temperaturen kann man im allgemeinen Schreibgeräte mit unmittelbarer Tintenschrift nicht benutzen, wie sie etwa für Druckmessungen bekannt sind. Die zur Verfügung stehenden Verstellkräfte reichen hier nicht aus. Man wählt deshalb bei Temperaturen das Fallbügelprinzip. Diese Schreibgeräte gibt es für eine und auch mehrere Meßstellen, wobei zur Unterscheidung der einzelnen Meßgrößen durchweg auch noch in verschiedenen Farben aufgezeichnet wird. Durch besondere Schaltungen kann man an den gleichen Schreiber auch Thermoelemente verschiedener Eichreihe oder mit verschiedenen Meßbereichen, weiterhin aber auch auf einzelne Meßstellen Thermoelemente, auf andere Widerstandsthermometer schalten.

Unter Verwendung der Anzeige- und Schreibgeräte, die bis jetzt behandelt wurden, lassen sich recht beachtliche Meßgenauigkeiten[9]) erzielen. So liegt beispielsweise die Toleranz eines Schreibers für Thermoelemente bei rd. 0,8 % vom Endwert, ein Präzisions-Profilinstrument für Thermoelemente besitzt sogar eine Toleranz von etwa 0,5 % vom Endwert. Für Widerstandsthermometer sind diese Werte etwas ungünstiger. Zu den Toleranzen der eigentlichen Instrumente kommen weiterhin die Abweichungen der einzelnen Thermoelemente von der Normaleichreihe, die innerhalb ± 0,5 mV liegen — das wäre etwa bei Eisen-Konstantan ± 10 ° C — oder aber bei Widerstandsthermometern ± 0,5 % des jeweiligen Temperaturwerts. Man darf nun nicht zur Berechnung des tatsächlichen Fehlers diese beiden Werte addieren, es ist vielmehr anzunehmen, daß sie sich teilweise gegenseitig aufheben werden. Den wahrscheinlichen Fehler berechnet man als Wurzel aus der Summe der Quadrate der Einzelfehler. Auf jeden Fall muß man sich bei Benutzung von derartigen Meßeinrichtungen im klaren sein, daß es zwecklos ist, die Anzeige etwa auf Bruchteile eines Millimeter abzulesen oder die Skala allzu fein zu unterteilen, man muß vielmehr stets die Toleranz der Meßeinrichtung überhaupt im Auge behalten.

Voraussetzung für eine genaue Messung ist im übrigen naturgemäß, daß die Anlage richtig eingebaut und in Betrieb genommen wird. Als selbstverständlich sei vorausgesetzt, daß die Schaltung als solche richtig ausgeführt wird, daß man beispielsweise bei Thermoelementen die Kompensationsleitung in entsprechender Länge vorsieht und sie richtig anschließt. Durch unsachgemäßen Einbau können indessen Fehler auftreten, deren Größe ein Vielfaches der Toleranz der Meßeinrichtung beträgt. So wird beispielsweise immer noch nicht genug darauf geachtet, daß Meßglieder dort eingebaut werden müssen, wo man tatsächlich die Temperaturen erfassen will. Sehr oft findet man das Widerstandsthermometer oder das Thermoelement in irgendeiner toten Ecke eingebaut, wo es eine beliebige andere Temperatur mißt und die auftretenden Schwankungen überhaupt nicht oder nur in geringem Umfang erfaßt. Die Einbaustelle für ein Thermometer soll man niemals nach baulichen Gesichtspunkten entscheiden, also etwa dort einbauen, wo gerade genügend Platz zur Verfügung steht oder wo bereits ein Flansch vorhanden ist, vielmehr sind für die Auswahl der Einbaustelle einzig und allein wärmewirtschaftliche Gesichtspunkte maßgebend.

Wenn diese ganzen Gesichtspunkte bereits für die Messung von Bedeutung sind, um so mehr ist das noch für die Regelung der Fall. Fehler, die man aus diesen Gründen bei der Temperaturmessung macht, wird man nach mehr oder weniger langer Zeit doch feststellen, sei es, daß die abgelesenen Temperaturen mit Erfahrungswerten nicht übereinstimmen, sei es, daß man aus der Eigenschaft des verarbeiteten Erzeugnisses entsprechende Rückschlüsse ziehen kann. Anders liegen indessen die Verhältnisse bei der selbsttätigen Regelung. Wenn bei der Regelung aus einem der vorhin erwähnten Gründe Fehler in der Temperaturmessung oder eine zu große Verzögerung in der Erfassung der Temperatur auftreten, so kann das Gleichgewicht des ganzen Vorgangs und damit die Abwicklung des Fabrikationsganges überhaupt in Frage gestellt sein.

Für die elektrische Regelung von Temperaturen gibt es heute eine große Anzahl von Ausführungen, von den einfachsten Ausdehnungsreglern bis zu den Regelmaschinen für schwierige Aufgaben und hohe Ansprüche. Grundsätzlich kann man die Regler, je nach ihrer Arbeitsweise, in zwei Gruppen unterteilen, und zwar Regler, die in Ein-Aus-Schaltung arbeiten, und solche, die stetig regeln. In Ein-Aus-Schaltung wird man etwa einen kleineren elektrischen Ofen steuern, der auf konstanter Temperatur zu halten ist. Anwendungsfälle für diese Regelung gibt es in großer Anzahl, beispielsweise lassen sich kleinere Erhitzer für Flüssigkeiten, Wohnräume oder dergleichen auf diese Weise regeln, einerlei, ob sie mit elektrischer oder mit Dampfheizung ausgerüstet sind. Grundsätzlich kann man sagen, daß die Auf-Zu-Regelung dann angewendet werden kann, wenn es sich um nicht allzugroße Einheiten handelt, die zudem eine gewisse Masse besitzen, daß sich also das Ein- und Ausschalten des Reglers nicht sofort in einem plötzlichen Temperaturanstieg oder -abfall bemerkbar macht, und schließlich, wenn keine Strömung stattfindet. Sobald es sich hingegen um fließende Vorgänge handelt, also etwa die Regelung der Flüssigkeitstemperatur eines Durchlauferhitzers, so kann man nicht mehr mit Auf-Zu-Regelung arbeiten, man muß vielmehr das Heizmittel stetig steuern. Eine derartige Steuerung stellt naturgemäß erheblich höhere Anforderungen an den Regler, da mit gewissen Verzögerungen im Hinblick auf die thermische Masse der Anlage zu rechnen ist, die sich bei einem ungeeigneten Regler in Form von Pendelungen auswirken.

Elektrische Regler für Auf-Zu-Schaltung besitzen entweder offene Kontakte und haben daher nur eine ganz geringe Schaltleistung, allerdings bei verhältnismäßig hoher Ansprechempfindlichkeit, oder aber es werden Quecksilberschalter mit hoher Schaltleistung eingebaut, die wiederum einen verhältnismäßig großen Schaltweg benötigen und demnach nur eine geringe Ansprechempfindlichkeit zulassen. Beide Vorteile: hohe Ansprechempfindlichkeit und hohe Schaltleistung, verbinden Regler mit Vakuumschalter[10]). Der Vakuumschalter besteht im wesentlichen aus einem evakuierten Glasgefäß mit eingeschmolzenem Kontakt, der von außen durch ein elastisches Glasrohr betätigt werden kann. Durch das hohe Vakuum tritt eine Funkenbildung selbst beim Schalten hoher Ströme nicht auf; man ist in der Lage, mit solch einem Vakuumschalter Ströme von 10 A unmittelbar steuern zu können. Das bedeutet, daß ein Regler mit diesem Schalter eine Leistung von 2,2 kW ohne Zwischenschütze schaltet. Durch die Unterbrechung im Vakuum ist nur ein

[9]) Arch. techn. Mess. (1935) Lfg. 46, J 021—1.

[10]) W. Jubitz, Siemens-Z. 10 (1930) S. 420.

Digitized by Google

Schaltweg von wenigen tausendstel mm notwendig, was sich in einer entsprechend hohen Ansprechempfindlichkeit des Reglers auswirkt.

Mit diesem Vakuumschalter ist beispielsweise der Stabregler[11]) ausgerüstet, der zum Einbau in Gefäße, Rohrleitungen und dergleichen geeignet ist. Er kann für Temperaturen bis max. 300 ° C verwendet werden, seine Ansprechempfindlichkeit liegt bei rd. 1 ° C über dem ganzen Einstellbereich. Zur Temperaturregelung in Räumen ist der Raumregler[12]) geeignet, bei dem an Stelle der Längenausdehnung zweier Metalle die Ausdehnung einer flüssigkeitsgefüllten Membrane benutzt wird. Dieser Regler hat zudem noch den Vorteil einer geringen Masse, was bei Räumen mit nur wenig Luftbewegung von Bedeutung ist. Seine Ansprechempfindlichkeit liegt bei rund 0,5 ° C, wobei die Verwendungsmöglichkeit bis zu 50 ° C reicht.

In diesem Zusammenhang soll besonders auf den Unterschied zwischen Ansprechempfindlichkeit und Regelgenauigkeit hingewiesen werden. Ansprechempfindlichkeit ist diejenige Temperaturänderung, die notwendig ist, um einen gerade eingeschalteten Regler zur entgegengesetzten Kontaktgabe zu veranlassen. Für diesen Wert, aber auch nur dafür, ist der Hersteller des betreffenden Reglers verantwortlich. Die tatsächlich erzielbare Genauigkeit hängt weitgehend von den örtlichen Verhältnissen ab. So kann man beispielsweise mit einem Regler mit hoher Ansprechempfindlichkeit keine günstigen Ergebnisse erzielen, wenn er nicht richtig angebracht ist, wenn er sich also etwa in einer toten Ecke befindet. Eine andere Fehlermöglichkeit ist vielfach dadurch gegeben, daß die Heizung nicht richtig bemessen ist. Meist hat die Heizung dann die richtige Größe, wenn bei der Regelung der Anheizvorgang mit gleicher Geschwindigkeit erfolgt wie das Abkühlen nach erfolgtem Abschalten des Reglers.

Für die Auf-Zu-Regelung gibt es außer den Ausdehnungsreglern auch noch solche mit elektrischem Meßwerk. Sie können an Widerstandsthermometer, Thermoelemente oder Strahlungspyrometer angeschlossen werden. Der Zeiger spielt bei diesen Reglern frei über der Skala, so daß man jederzeit die Temperatur ablesen kann. Durch ein eingebautes Abtastwerk, das durch einen kleinen Asynchronmotor angetrieben wird, wird in gewissen Zeitabständen die Zeigerstellung und damit die tatsächliche Temperatur im Vergleich zum eingestellten Sollwert geprüft. Ist eine Abweichung vorhanden, so werden Steuerschalter betätigt, die heute durchweg als Quecksilberschalter ausgeführt sind. Bei einer zulässigen Schaltstromstärke von 6 A kann man mit einem derartigen Regler z. B. kleinere elektrische Öfen unmittelbar steuern, größere unter Zwischenschaltung von Schützen. Eine andere Ausführung[13]) besitzt eine Reihe von Quecksilberschaltern, die je nach der Abweichung der Temperatur vom vorgeschriebenen Wert betätigt werden.

Während bei der Auf-Zu-Schaltung die Forderung gestellt ist, daß der Regler bei zu tiefer Temperatur einschalten und beim Erreichen des Sollwerts wieder abschalten soll, liegt die Aufgabe bei der stetigen Regelung anders. Hier muß der Regler in Abhängigkeit von der Temperatur ein Motorgetriebe schrittweise verstellen. Er muß also in gleicher Weise arbeiten, wie es bei der Handbedienung geschehen würde. Eine gewisse Schwierigkeit liegt bei dieser Art der Regelung darin, daß man leicht mit Pendlungen rechnen muß. Als Beispiel sei hier die Temperaturregelung eines gasgeheizten Glühofens betrachtet. Aufgabe ist, die Temperatur an der Meßstelle durch Steuern der Gasmenge konstant zu halten. Steigt die Temperatur, so muß das Ventil etwas mehr geschlossen werden und umgekehrt. Vom Augenblick des Öffnens bzw. Schließens bis zur vollständigen Auswirkung des Regeleingriffs vergehen nun erfahrungsgemäß mehrere Minuten. In der Zwischenzeit würde der Regler immer weiter Kontakt in gleicher Richtung geben, obwohl vielleicht eine kleine Ventilverstellung genügt hätte. Der Regler würde also ins Pendeln geraten und das Gleichgewicht der ganzen Anlage stören. Um das zu verhüten, arbeitet man mit Rückführung. Durch eine solche Rückführung wird der Zeiger des Reglers nach der Ventilverstellung zunächst auf den Sollwert gebracht, es wird also eine richtige Temperatur vorgetäuscht. Diese Korrektur, das Rückführen des Zeigers, bleibt nicht dauernd bestehen, sie verschwindet vielmehr im Lauf der Zeit, und zwar genau so schnell, wie die Temperatur infolge des Regeleingriffs wieder auf den Sollwert zustrebt. Der Erfolg davon ist, daß nur gerade so viel Regelschritte gegeben werden wie erforderlich. Weiterhin läßt sich zeigen, daß ein solcher Regler mit elastischer Rückführung in der Lage ist, nach einer größeren Temperaturabweichung Gegenimpulse zu geben, bevor der Sollwert erreicht würde. Es werden also auch diese Pendelungen verhütet.

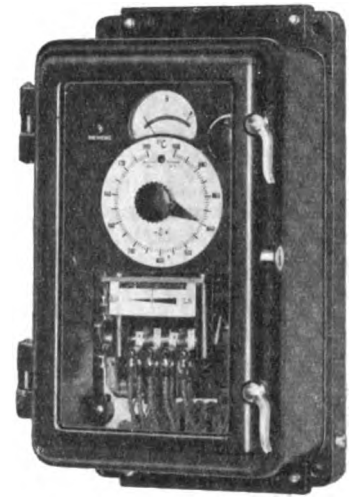


Abb. 4. Kompensationsregler.

Von jedem selbsttätig arbeitenden Regler wird gefordert, daß er in gleicher Weise arbeitet, wie es bei der Handbedienung unter großer Aufmerksamkeit und Übung geschehen würde. Die elastische Rückführung berücksichtigt dabei, ebenso wie der geübte Bedienungsmann, die Trägheit der Anlage und auch die Tendenz der Temperaturkurve. Weiterhin muß indessen noch die Forderung gestellt werden, daß der Regler bei kleinen Abweichungen das Ventil nur geringfügig verstellt und bei größeren Abweichungen entsprechend mehr, er muß „ausschlagabhängig" regeln.

Wie bereits gezeigt wurde, muß bei einer Regelung mit möglichst geringer Anzeigeverzögerung gemessen werden. Aus diesem Grund sind Thermoelemente für die Regelung besonders geeignet, zumal wenn man das Element mit dem Schutzrohr verschweißt. Eine besondere Schaltung, die beim Kompensationsregler[14]) Anwendung findet (Abb. 4), ermöglicht eine Messung mit Thermoelementen auch bei niedrigen Temperaturen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Kaltlötstellentemperatur.

Gelegentlich gibt es Vorgänge, die nicht auf eine stets gleiche Temperatur geregelt werden sollen, sondern wo abhängig von der Zeit ein bestimmter Temperaturablauf vorgeschrieben ist. Für diese Aufgabe ist der Programmregler geeignet, der grundsätzlich dem Kompensationsregler ähnelt, lediglich wird die Temperatur hierbei nicht von Hand, sondern über eine Kurvenscheibe eingestellt, die entsprechend dem gewünschten Temperaturverlauf ausgeschnitten und über einen Synchronmotor angetrieben wird.

Zusammenfassung.

Bei richtiger Anwendung erscheint das elektrische Verfahren für die Messung und für die selbsttätige Reglung von Temperaturen als günstigste Lösung, zumal es heute für alle praktisch in Frage kommenden Temperaturbereiche und für alle Aufgaben geeignete Meßgeräte und Regler gibt, die bei richtiger Auswahl und sachgemäßem Einbau die an sie gestellte Aufgabe erfüllen.

[11]) Siehe Fußnote 1.
[12]) Arch. techn. Mess. (1933) Lfg. 24, J 063—2.
[13]) Arch. techn. Mess. (1933) Lfg. 23, J 062—3 u. J 062—10; (1935) Lfg. 48.
[14]) Arch. techn. Mess. (1935) Lfg. 50, J 062—11.

Digitized by Google

Tonabnehmer und Lautsprecher nach VDE-Bestimmungen.

Von K. Harnisch VDE und K. Gebhardt VDE, Berlin.

621. 396. 97 (083. 133)

Übersicht. Die Notwendigkeit VDE-mäßiger Tonabnehmer und Lautsprecher wird begründet, und die in Frage kommenden VDE-Vorschriften werden angegeben und erläutert.

In Fachkreisen, besonders in der einschlägigen Industrie, ist oft die Meinung vertreten worden, daß Sicherheitsbestimmungen für Tonabnehmer und Lautsprecher, die an Rundfunkgeräte bzw. an Kraftverstärker angeschlossen werden sollen, vom VDE nicht herausgegeben worden seien. Dies trifft aber nicht zu. Wenn auch keine besondere VDE-Arbeit über Sicherheitsbestimmungen für Tonabnehmer und Lautsprecher vorhanden ist, so sind doch die in Frage kommenden Anforderungen in den „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromnetzen in Verbindung stehen (V.R.G. VDE 0860/1933)", enthalten. In § 4 f der V.R.G. werden unter anderem auch Tonabnehmer und Lautsprecher als Schallgeräte, die in dieser Sicherheitsvorschrift mit behandelt sind, aufgezählt, und in § 6 wird zum Ausdruck gebracht, daß solche Schallgeräte als nachgeschaltete Geräte an Rundfunkgeräte angeschlossen werden dürfen.

Durch diese Zusammenziehung der Sicherheitsbestimmungen für Rundfunkgeräte und Schallgeräte wurde erreicht, daß sowohl für das Rundfunkgerät als auch für die nachzuschaltenden Geräte der gleiche Sicherheitsgrad gewährleistet wird. Dagegen wird verhindert, daß zu scharfe Forderungen an den einen oder anderen Teil der gesamten Rundfunkanlage gestellt werden. Um aber den Sicherheitsgrad der gesamten Rundfunkanlage nicht zu vermindern, ist nicht nur das verwendete Rundfunkgerät, sondern auch die nachgeschalteten Geräte, wie Tonabnehmer und Lautsprecher, nach den Sicherheitsbestimmungen zu bauen.

Leider entspricht ein Teil der auf dem Markte befindlichen Schallgeräte nicht diesen Sicherheitsbestimmungen. Wahrscheinlich ist dies unter anderem darauf zurückzuführen, daß ein großer Teil der Hersteller von Schallgeräten, insbesondere die Hersteller von Tonabnehmern, der Phonoindustrie angehört und daher wenig Gelegenheit hat, mit den VDE-Vorschriften bekannt zu werden. Im folgenden soll nun auf diejenigen VDE-Bestimmungen hingewiesen werden, deren Beachtung beim Bau von VDE-mäßigen Tonabnehmern und Lautsprechern erforderlich ist. Dieser Hinweis kann jedoch nur dann auf volles Verständnis stoßen, wenn vorerst die Bestimmungen, die für die Anschlußpunkte für Tonabnehmer und Lautsprecher am Rundfunkgerät gelten, behandelt werden.

Grundsätzlich sind an Rundfunkgeräten zwei Arten von Anschlußstellen für Tonabnehmer und Lautsprecher zu unterscheiden:

1. Anschlußstellen, die von gefährlichen Spannungen durch Übertrager mit getrennten Wicklungen oder Kondensatoren, deren Stromdurchgang während des Betriebes nicht größer als 1 mA ist, isoliert sind. Hierbei wird unter gefährlicher Spannung jede Spannung über 42 V zwischen den Anschlußstellen untereinander oder der Erde bzw. den der Berührung zugänglichen Metallteilen oder jede Netzspannung verstanden.

2. Anschlußstellen, die gefährliche Spannungen führen.

An die Anschlußstellen der Rundfunkgeräte der Gruppe 1, also an solche, die keine gefährlichen Spannungen führen, können auch Tonabnehmer und Lautsprecher gefahrlos angeschlossen werden, die nicht den VDE-Bestimmungen entsprechen, weil die in das Rundfunkgerät eingebauten Übertrager bzw. Kondensatoren den Berührungsschutz übernehmen. Für die weiteren Erörterungen bleiben diese Anschlußstellen außer Betracht.

Die unter 2 genannten Anschlußstellen, die gefährliche Spannungen führen, müssen zunächst unabhängig davon, ob nachgeschaltete Geräte angeschlossen sind oder nicht, für sich allein schon bestimmten Sicherheitsanforderungen genügen. Insbesondere müssen die Anschlußbuchsen berührungssicher abgedeckt sein. Dieser Berührungsschutz läßt sich z. B. dadurch erreichen, daß die Buchsen so ausgeführt und abgedeckt werden, wie es bei Starkstrom-Steckdosen üblich ist, also möglichst nach Normblatt DIN VDE 9402. An diese Anschlußstellen wird damit die Forderung gestellt, daß ein einpoliges Einführen eines normalen zweipoligen Wandsteckers mit Stiftabstand von 19 mm nicht möglich sein darf. Indessen wird die Forderung des Normblattes 9402 bezüglich Berührungsschutz nur so weit gestellt, wie er für Unterputzsteckdosen in Frage kommt, ein Wulstrand oder ein Schutzkragen also nicht erforderlich ist.

Die Überwachung, ob an eine normale Starkstrom-Steckdose an der Wand ein nach den Sicherheitsbestimmungen gebautes Starkstromgerät angeschlossen wird, führt meistens das stromliefernde Elektrizitätswerk aus, und zwar durch einen Zusatz zu den Stromlieferungsbedingungen. Dieser besagt, daß nur VDE-mäßiges Material verwendet und VDE-mäßige Stromverbraucher angeschlossen werden dürfen. Die Nachprüfung erstreckt sich jedoch nicht auf die Anschlußstellen für nachgeschaltete Geräte am Rundfunkgerät. Um zu verhindern, daß beliebige Schallgeräte angeschlossen werden, wird in § 12 b der V.R.G. die Forderung gestellt, daß diese Anschlußstellen eine Aufschrift tragen müssen, die darauf hinweist, daß nur nachgeschaltete Geräte, die den VDE-Bestimmungen entsprechen, angeschlossen werden dürfen, also z. B. „Nur für Lautsprecher nach VDE-Bestimmungen". Damit wird zum Ausdruck gebracht, daß die gesamte Rundfunkanlage nur dann den Sicherheitsbestimmungen entspricht, wenn an das den VDE-Bestimmungen entsprechende Rundfunkgerät ein nachgeschaltetes Gerät angeschlossen wird, das ebenfalls den Sicherheitsbestimmungen genügt.

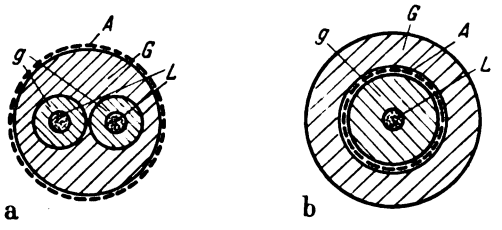
Schallgeräte, die den VDE-Bestimmungen entsprechen, müssen aber gemäß § 12 c bzw. 15 d der V.R.G. einen Stecker haben, der nicht in die Starkstrom-Steckdose eingeführt werden kann, also dem Normblatt DIN VDE 1519 entsprechen muß. Dieser Stecker hat als Unverwechselbarkeits-Einrichtung einen zwischen den spannungführenden Stiften sitzenden Blindstift. Um diesen Stecker mit Blindstift an den Anschlußstellen für nachzuschaltende Geräte verwenden zu können, muß eine Bohrung zwischen den beiden Buchsen am Rundfunkgerät angeordnet sein.

Mit der Forderung, den Dreistiftstecker nach DIN VDE 1519 für Schallgeräte zu verwenden, ist bereits eine wesentliche Bestimmung für Tonabnehmer und Lautsprecher angegeben, und es sollen nun die weiteren hauptsächlichen Anforderungen, die an diese Geräte gestellt werden, behandelt werden.

Zwischen Stecker und Schallgerät muß eine solche Leitung verwendet werden, die den „Vorschriften für isolierte Leitungen V.I.L. VDE 0250/1931; U.V.I.L. VDE 01 250/1934" entspricht, dies sind Leitungen der Typen NSA, NLG, NLH bzw. NLHG. Zweckmäßig sind Leitungen zu verwenden, die die VDE-Kennfäden führen. Für Tonabnehmer scheinen allerdings die üblichen Leitungsarten nicht auszureichen, wenn eine Abschirmung

Digitized by Google

der Leitungsadern erforderlich wird. In den V.I.L. bzw. U.V.I.L. sind Leitungen der angeführten Art mit Abschirmung bisher noch nicht aufgenommen worden, und es gibt daher auch keine Leitungen mit VDE-Kennfäden dieser Ausführungen. Die Hersteller von Tonabnehmern sind demnach auf Sonderausführungen angewiesen, die, wie sich herausgestellt hat, selten wenigstens sinngemäß den V.I.L. oder U.V.I.L. entsprechen. Deswegen soll die Abb. 1 zwei Beispiele von Querschnitten abgeschirmter Leitungen zeigen, gegen die in sicherheitstechnischer Hinsicht allerdings nur bei Verwendung an Tonabnehmern keine Bedenken bestehen. Bis zur endgültigen Klärung durch den VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel sind diese Leitungsarten als genügend sicher anzusehen.



G gemeinsame Gummihülle mit einer Mindestwanddicke von 0,4 mm bei Abb. a und 0,8 mm bei Abb. b

g Gummihülle der Einzelader mit einer Mindestwanddicke von 0,4 mm bei Abb. a und 0,8 mm bei Abb. b

A Abschirmung aus dünndrähtigem Geflecht

L Leiter beliebigen Querschnittes und beliebiger Ausführung, z. B. Lahngespinst

Abb. 1. Querschnitte von Tonabnehmerleitungen.

Als nächste Bedingung für Tonabnehmer und Lautsprecher soll der Berührungsschutz aller Teile genannt werden, die gefährliche Spannungen führen. Es muß bei dieser Gelegenheit ein weit verbreiteter Irrtum aufgeklärt werden. Häufig ist die Ansicht vertreten worden, daß die Verbindung mit dem Kathodenpunkt (Minuspol) des Rundfunkgerätes, wenn es als Gleichstrom- oder Allstromgerät ausgeführt ist, ebenso ungefährlich ist wie bei Wechselstromgeräten und deswegen keinen Berührungsschutz erfordere. Demgegenüber ist aber zu sagen, daß

1. beim Gleichstrom-Rundfunkgerät mit verpoltem Anschluß gerechnet werden muß und
2. bei weitem nicht in allen Gleichstromnetzen der Minuspol geerdet ist. Für Allstromgeräte gilt sinngemäß dasselbe.

Ferner ist zu bedenken, daß die Hochfrequenzerdung des Rundfunkgerätes keine Erdung im Sinne der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1 VDE 0100/1934“ oder der „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, L.E.S. 1 VDE 0140/1932“ darstellt. Im übrigen kann ein Rundfunkgerät auch ohne Erdanschluß betrieben werden. Es muß also am Empfangsgerät und an den angeschalteten Schallgeräten dafür gesorgt sein, daß alle Teile, die gefährliche Spannung führen, der zufälligen Berührung entzogen sind.

Schließlich ist noch auf die vorgeschriebenen Kriechwege, Schlagweiten und die Beschaffenheit der verwendeten Isolierstoffe hinzuweisen. Kriechwege und Schlagweiten oder Luftstrecken dürfen nicht kleiner als 3 mm sein. Diese Forderung gilt nur für Kriechstrecken und Schlagweiten zwischen den spannungführenden und den der Berührung zugänglichen Metallteilen.

Über die Beschaffenheit der Isolierstoffe gibt die vorgeschriebene Isolationsprüfung Aufschluß, die mit 1500 V Wechselstrom 1 min lang durchzuführen ist. Der Prüfling ist vorher 24 h der Einwirkung von mit Feuchtigkeit gesättigter Luft auszusetzen und anschließend weitere 24 h in einem Raum mit normaler Luftfeuchtigkeit zu lagern. Bei dieser Prüfung darf weder Überschlag noch Durchschlag zwischen den spannungführenden Teilen und den der Berührung zugänglichen Metallteilen auftreten, noch ein unzulässig hoher Strom fließen.

Aus dem bisher Gesagten dürfte hervorgehen, daß es ohne Schwierigkeiten und ohne große Mehrkosten möglich ist, Tonabnehmer und Lautsprecher entsprechend den VDE-Bestimmungen herzustellen. Sollten bei der Herstellung von Tonabnehmern und Lautsprechern diese geringen Mehrkosten für den VDE-mäßigen Aufbau der Geräte nicht tragbar erscheinen, so wäre die Rundfunkgeräte bauende Industrie gezwungen, um die Sicherheitsbestimmungen einzuhalten, die Anschlußstellen für Tonabnehmer und Lautsprecher nach Gruppe 1 auszugestalten. Es müßten demnach Übertrager bzw. Kondensatoren in die Rundfunkgeräte eingebaut werden, damit Tonabnehmer und Lautsprecher, die nicht den VDE-Bestimmungen entsprechen, gefahrlos angeschlossen werden können. Die hierdurch entstehenden Mehrkosten stehen sicher in keinem Verhältnis zu den vorhergenannten.

Zum Schluß soll eine kurze Zusammenstellung folgen, aus der hervorgeht, wie Tonabnehmer und Lautsprecher gebaut werden müssen, um den VDE-Bestimmungen zu genügen.

Tonabnehmer.

Zum Anschluß an das Rundfunkgerät dient der im Normblatt DIN VDE 1519 angegebene Stecker. Für die Zukunft ist in Aussicht genommen, den Mittelstift des Steckers mit Rücksicht auf die Verwechselbarkeit zwischen Tonabnehmer- und Lautsprecheranschlüssen nicht mehr rund, sondern flach auszubilden und mit einer Anschlußmöglichkeit zu versehen. An diesem Mittelstift ist dann eine etwa vorgesehene Abschirmung anzuschließen. In diesem Fall darf die Abschirmung der Berührung zugänglich sein, vorausgesetzt, daß sie von der Spule isoliert ist.

Die Zuleitung soll eine Gummiaderleitung mit VDE-Kennfaden sein oder den V.I.L. sinngemäß entsprechen. Unter sinngemäß ist hier zu verstehen, daß die Leitungen in bezug auf Berührungsschutz, also vor allem Zusammensetzung und Wanddicke der Gummihülle den Starkstromleitungen entsprechen. Die in den V.I.L. oder U.V.I.L. vorgesehenen Kupferquerschnitte brauchen bei Tonabnehmerleitungen nicht eingehalten zu werden. Es ist z. B. auch möglich, Leitungen mit sogenanntem Lahngespinst zu verwenden. Mehrfachleitungen sind nur mit gemeinsamer Umhüllung zulässig. Die Anschlußstellen der Zuleitung am Stecker und am Tonabnehmer sind von Zug zu entlasten und gegen Verdrehen zu sichern. Die Leitungseinführung am Tonabnehmer darf nicht über scharfe Kanten erfolgen.

Alle Teile, die gefährliche Spannung führen, z. B. auch die Metallachse eines Lautstärkereglers, wenn sie nicht besonders isoliert ist, sind der zufälligen Berührung zu entziehen. Die dazu dienenden Abdeckungen dürfen nur mittels Werkzeugs entfernbar sein. Die Kriechstrecken und Schlagweiten von Teilen, die gefährliche Spannung führen, bis zu den der Berührung zugänglichen Metallteilen dürfen nicht kleiner als 3 mm sein. Am Tonabnehmer ist eine Isolationsprüfung mit 1500 V Wechselstrom 1 min lang auszuführen, und zwar zwischen den spannungführenden und allen der Berührung zugänglichen Metallteilen. Hierbei darf kein Überschlag bzw. Durchschlag eintreten oder ein unzulässig hoher Strom fließen.

Der Vollständigkeit wegen sei hier noch erwähnt, daß die Installationsfragen-Kommission (I.F.K.) neuerdings „Anforderungen an Rundfunkgeräte und -Verstärkergeräte, die mit Starkstromanlagen in Verbindung stehen“, fertiggestellt hat, die auch für Tonabnehmer über die VRG hinausgehen. Nach diesen Anforderungen wird verlangt, daß die Abdeckungen für gefährliche Spannung führende Teile aus Isolierstoff bestehen müssen.

Lautsprecher.

Der Stecker muß DIN VDE 1519 entsprechen. Für die Zuleitung gilt das für Tonabnehmer Gesagte mit dem Hin-

Digitized by Google

weis, daß es wohl in allen Fällen zweckmäßig ist, Leitungen mit VDE-Kennfaden zu verwenden. Die für Tonabnehmer sonst noch in Frage kommenden Bedingungen gelten in gleicher Weise auch für Lautsprecher.

Zusammenfassung.

Die „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromnetzen in Verbindung stehen (V.R.G. VDE 0860/1933)", gelten auch für Tonabnehmer und Lautsprecher (Schallgeräte). Für die VDE-mäßige Ausführung dieser Schallgeräte ist die Verwendung des Steckers nach DIN VDE 1519 und vorschriftsmäßiger Leitungen besonders wichtig. Tonabnehmerleitungen mit Abschirmung sind in den Vorschriften für isolierte Leitungen noch nicht aufgenommen worden, es sind daher Leitungsarten, wie in Abb. 1 a und b angegeben, bis zur endgültigen Klärung durch den VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel als genügend sicher anzusehen.

Ein schreibendes Meßgerät zur Messung der Querschnittsschwankungen feiner Drähte.

Von K. Dahl, Wipperfürth und J. Kern, Berlin.

621. 317. 39

Übersicht. **Laufende Messungen der Querschnittsschwankungen dünner Drähte sind schwierig. In vorliegender Arbeit wird ein sehr einfach zu bedienendes und zuverlässiges Meßgerät für solche Messungen beschrieben. Einige Meßergebnisse zeigen die große Empfindlichkeit und Genauigkeit des Verfahrens.**

Auf vielen Gebieten der Technik werden an die gleichmäßige Güte feiner Drähte sehr hohe Ansprüche gestellt. Vor allem soll der Querschnitt des Drahtes über viele Meter Drahtlänge möglichst gleich bleiben. Man hat schon mehrfach Geräte und Verfahren entwickelt, mit deren Hilfe der Draht auf seine Querschnittsschwankungen hin geprüft werden kann. Auf Grund einer solchen Messung soll ein schlechter Draht von der Verarbeitung ausgeschlossen werden, anderseits will man auf das gute Arbeiten der Ziehmaschinen Rückschlüsse ziehen. Auf einige besonders bemerkenswerte Verfahren sei hier hingewiesen. Zur Beurteilung der Querschnitts- bzw. Durchmesserschwankungen benutzt man z. B. die Verstimmung eines elektr. Schwingungskreises, in dem der Draht eine Veränderung der Kapazität[1]) oder der Selbstinduktion[2]) hervorruft. Bei einem anderen Verfahren[3]) wird der Draht als Schattenbild auf eine Photozelle abgebildet; die Schwankungen des Photostromes sind dann ein Maß für die Durchmesseränderungen. Neben diesen gibt es noch andere Verfahren[4]). Sie alle erfüllen ihren Zweck mehr oder weniger gut, jedoch sind die Geräte entweder schwer zu bedienen, oder sie lassen nur eine qualitative Beurteilung des Drahtes zu, oder aber sie gestatten nur die Messung der Durchmesserschwankungen nach einer Richtung, nicht aber die Querschnittsschwankungen insgesamt.

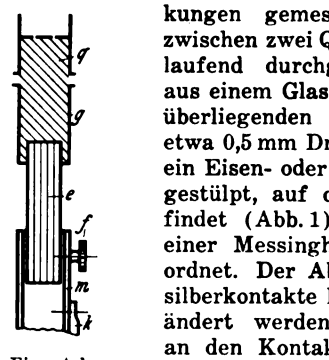
Es bestand deshalb die Aufgabe, nach einem neuen Meßverfahren zu suchen, das folgenden Anforderungen gerecht wird:

1. Äußerst einfache Bedienung und unbedingte Zuverlässigkeit.
2. Große Empfindlichkeit und beste Wiederholbarkeit der Messungen.
3. Laufende Aufzeichnung der Messungen bei genügend großer Durchlaufgeschwindigkeit des Drahtes.
4. Keine Beschädigung des Drahtes bei der Messung.

Im folgenden wird ein im Jahre 1932/33 entwickeltes Meßgerät beschrieben, das diesen Anforderungen gut gerecht wird.

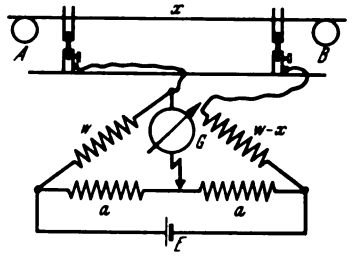
A. Beschreibung des Meßgerätes.

Das Meßgerät besteht im wesentlichen aus einer Wheatstone-Meßbrücke, in deren einem Zweig der zu messende Draht liegt. Bei konstanter Länge des Drahtes und konstantem spezifischem Widerstand ist dann der Widerstand des Drahtes nur noch von seinem Querschnitt abhängig. Die Querschnittsschwankungen werden also unmittelbar durch die Widerstandsschwankungen gemessen[5]). Der Draht wird zwischen zwei Quecksilberkontakten fortlaufend durchgezogen. Diese bestehen aus einem Glasrohr mit zwei sich gegenüberliegenden kleinen Öffnungen von etwa 0,5 mm Dmr.; das Glasrohr ist über ein Eisen- oder besser Molybdänstäbchen gestülpt, auf dem sich Quecksilber befindet (Abb. 1). Der Eisenstab ist in einer Messinghülse verschiebbar angeordnet. Der Abstand der beiden Quecksilberkontakte kann von 0 bis 70 cm verändert werden. Übergangswiderstände an den Kontakten waren bei blanken, nicht oxydierten oder nicht schmutzigen Drähten nicht festzustellen. Diese Quecksilberkontakte haben sich gut bewährt. Der Draht läuft mit größter Gleichmäßigkeit ohne Rucken. Als Ablauf- bzw. Auflaufgeräte für den Draht werden solche benutzt, wie sie in der Glühlampenherstellung gebräuchlich sind, die größte Gleichmäßigkeit des Ablaufs gewährleisten. Das Gesamtschaltbild zeigt Abb. 2. Die Widerstände a betragen 100 Ω. Es mußte Sorge getragen werden, daß der Strom durch den Meßdraht sehr klein gehalten wurde, um eine Aufheizung des Drahtes zu vermeiden. Der Strom beträgt deshalb nur etwa 2 mA. Da nur eine Spannungsquelle von 4 V (Akkumulator) zur Verfügung stand, wurde der Widerstand w zu 1000 Ω gewählt. Der Widerstand x beträgt 100 Ω und weniger je



e Eisenstab
f Feststellschraube
g Glasrohr
k Kabelanschluß
m Messinghülse
q Quecksilber

Abb. 1. Quecksilberkontakt.



A, B Ablauf- und Auflaufvorrichtungen
E Spannungsquelle
G Galvanometer oder Bolometerverstärker
a, w Widerstände
x der zu untersuchende Draht

Abb. 2. Meßeinrichtung.

[1]) W. W. Loebe u. C. Samson, Z. techn. Physik 9 (1928) S. 414 und Techn. Wiss. Abhandl. a. d. Osram-Konz. 1 (1930) S. 156.
[2]) D. W. Dana, Rev. sci. Instrum. 5 (1934) S. 38.
[3]) R. C. Schmid, ETZ 55 (1934) S. 785.
[4]) Patentanmeldung Nr. C. 47 474, Klasse 42 b 12/03 der Fa. Courtaulds Limited, London, und Werkzeugmasch. 40 (1936) S. 104.

[5]) Wie wir erfahren, wurde ein ähnliches Meßgerät, das ebenfalls die Messung der Widerstandsschwankungen zur Bestimmung der Güte des Drahtes benutzt, von der General Electric Co. unabhängig von uns zu etwa der gleichen Zeit entwickelt. Die Schaltung ist wesentlich verschieden. Diese Arbeit ist bis heute unseres Wissens nicht veröffentlicht. Auf Grund unserer guten Erfahrungen mit dem neuen Meßgerät hat auch die Firma Osram G. m. b. H., Kommanditgesellschaft, Berlin, auf Anregung durch Herrn Dir. Eugen Kersting ein Meßgerät entwickelt, welches mit uns das gleiche Meßprinzip und den Verstärker benutzt, sich jedoch in schaltungstechnischer Hinsicht unterscheidet. So wird zur Widerstandsbestimmung nicht die Meßbrücke, sondern eine Kompensationsschaltung benutzt.

Digitized by Google

nach Drahtdicke und Drahtlänge. Da der Widerstand x nicht größer genommen werden kann, wird vor den x-Draht noch ein Widerstand von etwa 900 Ω geschaltet. Man hätte natürlich ebenso zur Verringerung des Stromes die Spannung der Stromquelle z. B. durch Potentiometerschaltung verringern können, was zunächst jedoch weniger vorteilhaft schien. Anfangs war das Nullinstrument ein Spiegelgalvanometer mit objektiver Ablesung und einer Empfindlichkeit von etwa $1{,}5 \cdot 10^{-8}$ A/cm für 1 m Skalenabstand.

Das Galvanometer wurde später durch den Bolometerverstärker von Sell[6]) ersetzt, der die Widerstandsschwankungen selbsttätig in einem Schreiber aufzeichnet. Dieser Verstärker arbeitet genau und zuverlässig. Das Widerstandsmeßgerät wurde dadurch äußerst bequem und handlich[7]). Indem die Widerstandsschwankungen den Querschnittsschwankungen direkt proportional gesetzt wurden, konnte das Gerät so geeicht werden, daß die Querschnittsänderungen gleich in Prozenten angezeigt wurden. Temperaturschwankungen der umgebenden Luft des Raumes, wie sie normalerweise vorkommen, waren ohne feststellbaren Einfluß auf die Meßergebnisse, wie durch besondere Versuche festgestellt wurde. Den Draht in einem Thermostaten laufen zu lassen, erwies sich als überflüssig.

B. Meßergebnisse.

In der Meßeinrichtung wurden Drähte gemessen, deren Durchmesser zwischen 10 μ und 40 μ lag. Für Drähte größeren Durchmessers lag zunächst kein besonderes Interesse vor, doch werden sich diese genau so gut messen lassen. Der Abstand zwischen den Quecksilberkontakten betrug dabei 30 bis 100 cm je nach Drahtdicke. Die Ablaufgeschwindigkeit war etwa 3 bis 5 m/min. Die Leistungsfähigkeit des Meßgerätes ist aus den Kurven der Abb. 3 bis 6 zu ersehen, die Messungen an einigen Wolframdrähten darstellen. Die Länge des in den Kurven dargestellten Drahtstückes beträgt etwa 250 m. Die Kurven

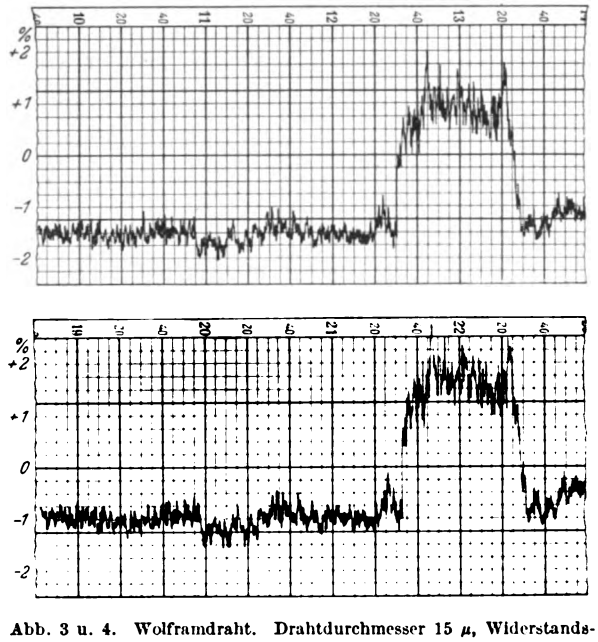


Abb. 3 u. 4. Wolframdraht. Drahtdurchmesser 15 μ, Widerstandsschwankung 4,25 %. Zweimalige Messung desselben Drahtes.

der Abb. 3 und 4 zeigen das Meßergebnis an einem Draht, der zweimal im gleichen Gerät gemessen wurde. Eine Reihe von Drähten wurde auf diese Weise zweimal gemessen, selbst in verschiedenen Geräten und stets mit gleichem Ergebnis. Gerade diese vorzügliche Wiederholbarkeit der Messungen verbunden mit der einfachen Handhabung des Gerätes läßt dieses als ein für seinen Zweck ideales Meßgerät erscheinen.

Die Kurve der Abb. 5 ist das Meßergebnis eines guten Drahtes, der nur etwa 0,65 % Widerstandsschwankungen zeigt. In der Kurve der Abb. 6 ist ein als schlecht zu be-

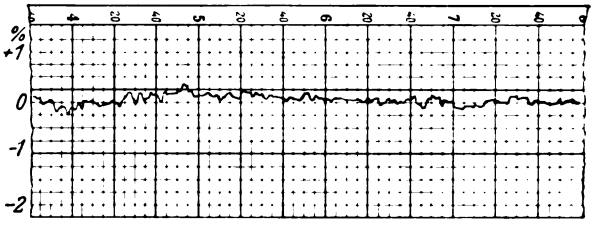


Abb. 5. Wolframdraht. Drahtdurchmesser 30 μ. Widerstandsschwankung 0,65 %.

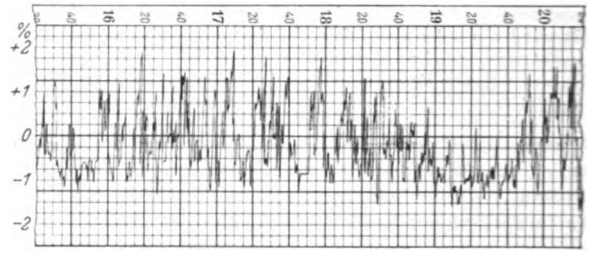


Abb. 6. Wolframdraht. Drahtdurchmesser 30 μ. Widerstandsschwankung 3,65 %.

zeichnender Draht dargestellt mit einer Widerstandsschwankung von 3,65 %. Die Abb. 3 und 4 zeigen einen Draht, der über viele Meter eine geringe Schwankung im Widerstand aufweist, dann jedoch plötzlich starke Schwankungen erkennen läßt. Widerstandsschwankungen von 1 ‰ sind mit dem Gerät noch gut feststellbar; das bedeutet, daß bei einem Draht von 10 μ Dmr. noch Durchmesseränderungen von 10^{-5} mm feststellbar sind. Eine Abhängigkeit der Meßergebnisse von der zu wählenden Durchlaufgeschwindigkeit ist nur insofern vorhanden, als diese nicht so groß gewählt werden darf, daß das Instrument sich nicht mehr aperiodisch einstellt. Weiter ist zu beachten, daß bei den Messungen nicht der Widerstand des Drahtes aufgezeichnet wird, sondern man mißt die Differenz der Widerstände des aus der Meßstrecke austretenden und des neueintretenden Drahtstückes. Die Länge der gewählten Meßstrecke ist deshalb bei Querschnittsschwankungen, die sich über eine gewisse Strecke des Drahtes erstrecken, von geringem Einfluß. Derartige Fehler liegen nach unseren Erfahrungen meistens vor. Man kann in diesen Fällen Meßstrecken von ½ m und größer nehmen. Erst wenn es sich um im Verhältnis zur Meßstrecke kurze Fehlstellen handelt, muß die Meßstrecke kleiner gewählt werden, wenn die tatsächlichen Widerstandsänderungen gemessen werden sollen. Andernfalls werden diese Fehler nicht erfaßt, wie sich durch Messungen an Drähten, an denen künstlich durch Ätzung kleine Fehlstellen angebracht waren, ergab. Auch sei erwähnt, daß Wolframdrähte mit geringen Widerstandsschwankungen auch geringe Streuung in den Gütedaten der Glühlampen, wie Lichtausbeute und Lebensdauer, aufwiesen, im Gegensatz zu Lampen aus Drähten mit großen Widerstandsschwankungen.

Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob die gemessenen Widerstandsschwankungen tatsächlich als Querschnittsschwankungen anzusprechen sind, oder ob es sich hier um Änderungen des spezifischen Widerstandes handelt. Zunächst ist dazu zu sagen, daß für manche Zwecke der Praxis diese Frage, worauf die Ungleichmäßigkeit im

[6]) H. Sell, Z. techn. Physik 15 (1934) S. 112 u. 129.
[7]) Diese Verbesserung des Widerstandsmeßgerätes verdanken wir Herrn Dir. E. Kersting, der den Bolometerverstärker nachträglich einbauen ließ.

Digitized by Google

Draht zurückzuführen ist, von nebensächlicher Bedeutung ist. So werden z. B. bei der Glühlampe sowohl Schwankungen des Querschnitts als auch des spezifischen Widerstandes des Drahtes, Änderungen der spezifischen Belastung des Drahtes und damit der Temperatur des Glühfadens hervorrufen. Diese aber beeinflußt die Lebensdauer des glühenden Drahtes. Im übrigen ist es sehr zweifelhaft, daß der spezifische Widerstand eines Wolframdrahtes, der also die gleiche Bearbeitung erfahren hat, so starke Schwankungen aufweist. Sodann weiß man aus anderen Versuchen, daß bei Wolframdrähten Querschnittsänderungen vorkommen. Auch dürfte folgender Versuch für Querschnittsänderungen sprechen. Aus einem Draht, der über eine längere Strecke einen geringeren Widerstand, dann aber über eine weitere Strecke einen größeren Widerstand zeigte — es handelte sich also um einen Draht, wie ihn etwa die Kurve der Abb. 3 darstellt —, wurden aus beiden Drahtstücken Längen von genau 20 cm herausgeschnitten und diese Stücke gewogen. Es zeigte sich, daß diejenigen Drahtstücke, die aus dem Drahtende mit größerem Widerstand stammten, ein geringeres Gewicht hatten. Diese Gewichtsänderungen dürften nicht damit erklärt werden können, daß es sich etwa um Änderungen des spezifischen Gewichtes handelt. Auch zeigte ein Draht, der bei hoher Temperatur ausgeglüht wurde, vor und nach dem Glühen keinen großen Unterschied in den Widerstandsschwankungen. Man dürfte also wohl mit der Annahme nicht fehlgehen, daß die Widerstandsschwankungen in der Hauptsache durch Änderungen des Querschnittes des Drahtes bedingt sind.

Zusammenfassung.

Ein selbst aufzeichnendes Meßgerät wird beschrieben, mit dem Widerstandsschwankungen bzw. Querschnittsschwankungen feiner Drähte von etwa 10 µ Dmr. an aufwärts mit einer Genauigkeit von etwa 1 ‰ gemessen werden können. Die Wiederholbarkeit der Messungen ist vorzüglich. Eine Auswahl von Messungen wird mitgeteilt[8]).

[8]) Das beschriebene Meßgerät wurde von uns bei der Radium Elektriziätsgesellschaft m. b. H. in Wipperfürth (Rhld.) entwickelt. Dem Direktor des Werkes, Herrn Eugen Kersting, danken wir für sein Interesse und viele Ratschläge bei den Versuchsarbeiten sowie vor allem für seinen Vorschlag zur Anwendung des Bolometerverstärkers und für seine Bemühungen bei der Beschaffung der bestpassenden Verstärker- und Registriereinrichtung. Herrn Dr. Sell sind wir zu Dank verpflichtet für sein großes Interesse und seine fachkundigen Ratschläge zur Anwendung seines Bolometerverstärkers.

Den Herren cand. phys. W. Schmidt und cand. chem. P. Fahlenbach danken wir für viele mit größter Sorgfalt ausgeführte Messungen.

Prüfgerät für Erdung und Nullung.

Von P. M. Pflier, Berlin.

621. 317. 72 : 621. 316. 99

Übersicht. Der Aufsatz zeigt die Möglichkeit, in geerdeten und genullten Anlagen die zulässige Sicherungsstärke aus zwei Spannungsmessungen zu bestimmen. Die Versuchsausführung eines Gerätes, das alle erforderlichen Schalter und Widerstände enthält und eine unmittelbare Ablesung der Sicherungsstärke gestattet, wird beschrieben und seine Anwendung an Beispielen erläutert.

In den Errichtungsvorschriften für Starkstromanlagen (V.E.S., VDE 0100/1934 § 2 f bis h und § 3) sind die Begriffe für Schutzmaßnahmen und Schutzeinrichtungen festgelegt. Danach heißt erden: eine „leitende Verbindung mit der Erde" und nullen: eine „leitende Verbindung mit dem geerdeten Nulleiter" herstellen. Weitere Festlegungen sind in den Leitsätzen für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V getroffen. (L.E.S., VDE 0140/1932 §§ 3, 8 bis 11). Danach ist unter dem Abschaltstrom einer Sicherung die Stromstärke zu verstehen, bei der die Sicherung innerhalb kurzer Zeit abschaltet. Der Einfachheit halber wird für alle Arten von Schmelzsicherungen die 2,5fache Nennstromstärke als Abschaltstrom festgelegt. Die Querschnitte der Schutzleiter sind nun so zu bemessen, daß bei einem Körperschluß oder Kurzschluß zwischen Außenleiter und Schutzleiter mindestens der Abschaltstrom der zunächstliegenden Sicherung, also der 2,5fache Sicherungsnennstrom, auftritt. Bei Neuanlagen läßt sich dieser Querschnitt leicht berechnen, während das Ausmessen der Längen und Querschnitte bei bereits verlegten Anlagen recht umständlich ist. In jedem Fall aber ist eine Nachprüfung durch Messung erforderlich. Eine Widerstandsmessung ist nicht immer zweckmäßig, da das Ende der Schutzleitung häufig schwer zugänglich ist und bei kleinen Widerstandswerten Übergangs- und Zuleitungswiderstände das Meßergebnis fälschen.

Nach einer Anregung von O. Hammerer VDE, Berlin, kann man nun die zulässige Sicherungs-Nennstromstärke sehr einfach durch zwei Spannungsmessungen ermitteln. Zunächst mißt man die Spannung des Außenleiters gegen den Schutzleiter, dann schickt man über den Schutzleiter und einen in Reihe geschalteten Meßwiderstand einen Prüfstrom und mißt den Spannungsabfall am Widerstand. Die Differenz der beiden Spannungsmessungen ist der Spannungsabfall am Schutzleiter und an der Zuleitung zum Verbraucher und ein Maß für die zulässige Sicherungsstromstärke (Abb. 1).

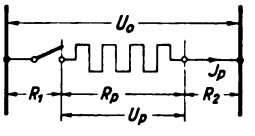


Abb. 1. Grundschaltbild des Prüfgerätes.

U_0 Leerlaufspannung des Außenleiters gegen den Schutzleiter
U_p Spannung am Prüfwiderstand R_p beim Prüfstrom I_p
I_k Kurzschlußstrom
I_s höchstzulässiger Sicherungsnennstrom
I_p Prüfstrom
R_1 Widerstand der Zuleitung zum Verbraucher
R_2 Widerstand der Schutzleitung

Es ergibt sich:

$$I_k = \frac{U_0}{R_s},$$

$$I_p = \frac{U_p}{R_p} = \frac{U_0}{R_p + R_s}, \qquad R_s = R_1 + R_2 = \frac{R_p\,(U_0 - U_p)}{U_p}$$

$$I_k = \frac{U_0\,U_p}{R_p\,(U_0 - U_p)}, \qquad I_s = \frac{I_k}{2{,}5} = \frac{1}{2{,}5}\,\frac{U_p}{R_p}\,\frac{U_0}{U_0 - U_p}.$$

Die zulässige Sicherungs-Nennstromstärke ist also gekennzeichnet durch die gemessenen Spannungen U_0 und U_p und den bekannten Widerstand R_p.

Nach diesem Grundgedanken wurde ein Prüfgerät für Erdung und Nullung entwickelt, bestehend aus einem Dreheisen-Spannungsmesser mit zwei Prüfwiderständen für die Spannungen 110 und 220 V und den erforderlichen Schaltern. Das Gerät gestattet die unmittelbare Ablesung der zulässigen Sicherungsstärke und kann außerdem als normaler Spannungsmesser für Gleich- und Wechselspannung mit den Meßbereichen 65/130/260 V benutzt werden. Abb. 2 ist eine Versuchsausführung des Gerätes, Abb. 3 zeigt die Gesamtschaltung.

Bei Anschluß an die Klemmen 0/65/130/260 V arbeitet das Gerät als normaler Spannungsmesser mit einem Stromverbrauch von etwa 25 mA. Zum Prüfen von Schutzleitungen wird an die Klemmen P und 130/260 V angeschlossen. Solange keine Taste gedrückt ist, mißt das

Digitized by Google

Gerät wieder die angelegte Spannung U_0. Beim Drücken einer der Tasten T wird der Spannungsabfall U_p am Prüfwiderstand R_p gemessen. Aus den beiden Ablesungen $a_1 = U_0$ und $a_2 = U_p$ könnte man nun nach der obenstehenden Gleichung die Sicherungsstromstärke errechnen. Setzt man aber U_0 als konstant voraus, nämlich gleich der Nennspannung des Netzes, so wird $I_s = \frac{K}{U_0 - U_p}$, d. h. man kann das Gerät unmittelbar in Sicherungs-Nennstromstärken eichen. Das Gerät erhält dann außer der Voltskala eine Anzahl verschieden langer Skalenbogen, die sämtlich beim Nennspannungswert beginnen und sich gegen Null erstrecken. Die Skalenbogen sind mit der Sicherungs-Nennstromstärke beschriftet und in der Kennfarbe der betreffenden Sicherung angelegt (Abb. 4). Ein regelbarer Vorwiderstand R_v gestattet es, den Ausschlag a_1 unabhängig von der Betriebsspannung stets auf denselben Skalenwert einzustellen. Dabei begeht man allerdings einen kleinen Fehler, da die angezeigte Sicherungsstromstärke unabhängig von der augenblicklichen Betriebsspannung wird. Diese Schwierigkeit ließe sich leicht umgehen durch mehrere austauschbare Skalen, etwa für 0,9/1/1,1 U_n, doch ist diese Verteuerung bei der großen Stufung der Sicherungs-Nennstromstärken kaum erforderlich. Anderseits ist es meist auch gar nicht erwünscht, die Stromstärke der Sicherung von der zufällig vorhandenen und im Lauf des Tages schwankenden Betriebsspannung abhängig zu machen. Sollten aber wirklich einmal Zweifel bestehen, ob die abgelesene oder die nächst höhere Sicherungsstärke zulässig ist, etwa dann, wenn der Zeiger gerade zwischen zwei Sicherungsstärken steht, so dreht man den Vorwiderstand R_v auf 0 und kann nun aus den abgelesenen Spannungen U_0 und U_p die zulässige Sicherung genau errechnen. Für einen Widerstand $R_s = 6\,\Omega$ ergibt sich rechnerisch bei

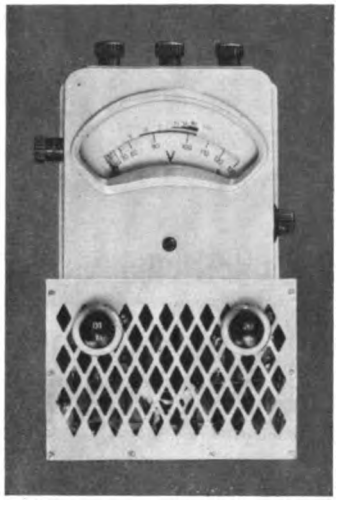
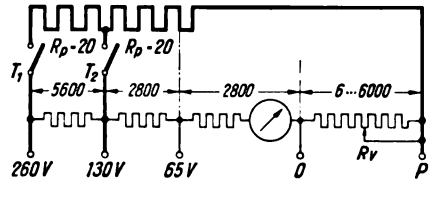


Abb. 2. Prüfgerät für Erdung und Nullung, Versuchsausführung.

200 V eine Sicherungsstromstärke von 13 A,
240 V „ „ „ 16 A.



R_p Belastungswiderstände
R_v regelbarer Vorwiderstand
T_1, T_2 Prüfschalter für 110 und 220 V
0/65/130/260 Anschlüsse für Spannungsmessung
P/130/260 Anschlüsse für Schutzleiterprüfung

Abb. 3. Schaltung des Instruments.

Das Gerät zeigt in beiden Fällen 13,5 A. Gewählt würde auf jeden Fall die 15 A-Sicherung, da die nächst größere mit 20 A auch bei 240 V Betriebsspannung keine genügende Sicherheit gibt.

Die Anwendung des Gerätes bei der Prüfung eines geerdeten Gleichstromverbrauchers und eines genullten Drehstromverbrauchers ist in Abb. 5 gezeigt. Das Gerät wird an einen Außenleiter und den Schutzleiter angeschlossen und der Ausschlag mit dem eingebauten Drehwiderstand R_v auf den Endpunkt der Farbenskala ein-

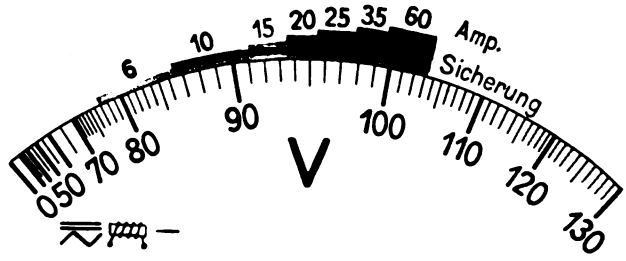
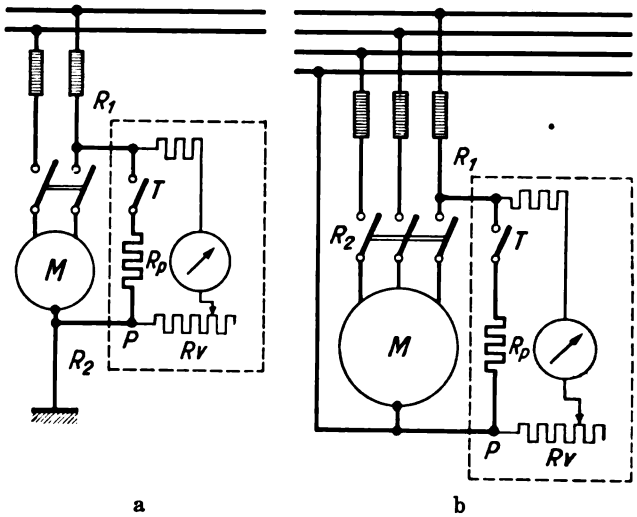


Abb. 4. Skala des Prüfgerätes.

gestellt. Dann wird eine der Tasten T gedrückt und die zulässige Sicherungsstromstärke abgelesen. Die Belastungswiderstände dürfen mit Rücksicht auf ihre große Leistungsaufnahme (600 W) nicht zu lange eingeschaltet bleiben. Sie erhielten deshalb Druckknopfschalter mit starken Gegenfedern und wurden unter den Schaltern an-



M Verbraucher
R_1 Widerstand der Zuleitung zum Verbraucher
R_2 Widerstand der Schutzleitung
R_p Prüfwiderstand 20 (40) Ω
R_v Regelwiderstand
T Prüfschalter

Abb. 5. Anschluß des Prüfgerätes.
a geerdeter Gleichstromverbraucher, b genullter Drehstromverbraucher.

geordnet. Die Ermüdung der Hand und die aufsteigende Wärme mahnen an eine rechtzeitige Abschaltung, wodurch ein verteuernder Selbstschalter erspart wird. Die Widerstände sind, vom Instrument durch eine wärmeisolierende Platte getrennt, in einem gelochten Blechkasten untergebracht und vertragen einen aussetzenden Betrieb von 4 s Einschalt- und 20 s Ausschaltdauer.

Zusammenfassung.

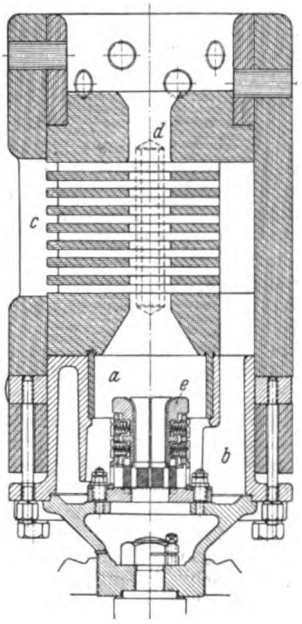
Ein Spannungsmesser wurde beschrieben, auf dessen Farbenskala die höchstzulässige Sicherungs-Nennstromstärke unmittelbar abgelesen werden kann. Die Auswahl der Sicherung richtet sich nach dem Widerstand der Schutzleitung. Das Gerät ist für Installateure, Montageleiter und vor allem für Überwachungsbeamte bestimmt, die damit in die Lage versetzt sind, schnell und ohne Rechnung die für eine Schutzleitung höchstzulässige Sicherungs-Nennstromstärke zu bestimmen. Außerdem kann das Gerät als normaler Dreheisenspannungsmesser für Gleich- und Wechselspannung verwendet werden.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Apparate und Stromrichter.

621. 316. 57. 064. 25 **Die Entwicklung der Ölschalter mit Einfachunterbrechung für gekapselte Schaltanlagen.** — Ölschalter mit Einfachunterbrechung sind schon frühzeitig verwendet worden. Durch Einführung der Löschkammer und der Vielfachunterbrechung wurde die Leistungsfähigkeit der Ölschalter dann bedeutend gesteigert. Die in neuester Zeit entwickelten, neuzeitlichen Ölstrahl-, Expansions- und Preßluftschalter konnten wieder mit Einfachunterbrechung ausgerüstet werden, weil sie mit sehr kurzen Lichtbogenlängen arbeiten. Diese Schalter lassen sich aber in metallgekapselten Schaltanlagen schlecht einbauen. Daher wurde in England ein metallgekapselter Ölschalter mit Einfachunterbrechung für 66 kV Betriebsspannung entwickelt. Durch eingehende Versuche mit einem dreiphasigen Kathodenstrahloszillographen wurde festgestellt, daß bei Doppelunterbrechung wegen der ungleichmäßigen Spannungsverteilung auf die einzelnen Kontakte die Lichtbogenlängen nur rd. 10 % kleiner sind als bei Einfachunterbrechung. Eine günstigere Spannungsverteilung läßt sich aber bei der Bauart mit geerdetem Kessel nicht erzielen. Abb. 1 zeigt einen Schnitt durch die neuentwickelte Druckkammer mit Ölquerströmung. Der vom Lichtbogen in der inneren Druckkammer *a* selbst erzeugte Gasdruck treibt das Öl von der äußeren Kammer *b* durch die Isolierplattenanordnung *c*, durch die der bewegliche Kontaktstift *d* hindurchtritt. Das quer zum Lichtbogenpfad strömende, frische Öl bewirkt die Löschung des Lichtbogens. Im Gegensatz zu früher[1]) ist die Isolierplattenanordnung ganz aus Isolierstoff hergestellt und mit der metallenen Druckkammer durch Stahlbolzen verschraubt. Acht Ölquerströmungen sorgen für die rasche Löschung des Lichtbogens. Dieser Schalter hat bei Kurzschlußversuchen Abschaltleistungen von 700 MVA ohne Schwierigkeiten bewältigt. Sein Hauptvorteil ist die bedeutende Raum-, Gewicht- und Ölersparnis, die er ermöglicht. Seine Abschaltleistung erreicht die der Ölschalter mit Vielfachunterbrechung. Eine Gesamtabschaltzeit von 10 Halbwellen, gerechnet von der Betätigung des Auslöserelais an bis zur völligen Abschaltung ist erreichbar. [D. R. Davies u. C. H. Flurscheim, J. Instn. electr. Engr. 69 (1936) S. 129.] *dk.*



a innere Druckkammer
b äußere Druckkammer
c Isolierplatten
d beweglicher Kontaktstift
e fester Kontaktstift

Abb. 1. Druckkammer eines 66 kV-Ölschalters mit Ölquerströmung.

621. 314. 652 : 537. 56 **Über Entionisierung und Wiederzündung gittergesteuerter Gasentladungsgefäße.** — Eine Arbeit von P. K. Hermann befaßt sich im ersten Teil mit der Entionisierung von Gasentladungsgefäßen, die an Hand des Abklingvorganges des Gitterstromes untersucht wird, der nach dem Stromdurchgang bei negativem Gitter noch beobachtet werden kann. Weiterhin werden in der Arbeit im 2. Teil die negativen Gitter- und positiven Anodenspannungswerte ermittelt, bei denen bei noch nicht abgeschlossener Entionisierung die Grenze von Herbeiführung und Verhinderung der Wiederzündung erreicht ist. — Bei den Entionisierungsmessungen werden durch eine besondere Aufnahmetechnik mit Hilfe einer Braunschen Röhre Gitterstrom-Spannungs-Kennlinien ermittelt, die in einem bestimmten frei wählbaren Augenblick nach dem Stromdurchgang Gültigkeit haben, und zwar, wie sich zeigt, praktisch unabhängig davon, welche Gitter- und Anodenspannungswerte in der Zeit zwischen dem Entionisierungsbeginn und diesem Augenblick durchlaufen werden. Diese Augenblickskennlinien zeigen einen ähnlichen Verlauf wie Gitterstrom-Spannungs-Kennlinien bei brennender Entladung mit kleinerem Anodenstrom, sie zeigen also insbesondere ausgeprägte Sättigungswerte des Ioneneinstromes bei negativen Spannungen und einen sehr steilen Kurventeil in der Nähe von 0 V Gitterspannung (Elektronenstrom). Der Sättigungsstromwert der Augenblickskennlinien klingt nahezu exponentiell ab und kennzeichnet den Ablauf der Entionisierung. Die Zeitkonstante des Abklingvorganges wächst mit dem Dampfdruck. Bei verschiedenen Anodenströmen beginnt die Entionisierung mit verschiedenen Ionensättigungsströmen in das Gitter, verläuft aber im übrigen nach der gleichen Zeitfunktion, wenn man von Zeitpunkten an rechnet, in denen in beiden Fällen der gleiche Ionenstrom fließt.

Bei den Messungen der Wiederzündbedingung wird die Gitterspannung so lange langsam negativer gemacht oder die Sperrdauer so lange langsam verlängert, bis die untersuchte Röhre nicht mehr wiederzündet. Der dann erreichte kritische Wert der Sperrdauer wird als Freiwerdezeit bezeichnet. Die Freiwerdezeit dauert bei weniger negativem Gitter sehr viel länger als bei stark negativem Gitter, sie beträgt z. B. bei der untersuchten Röhrenart T 143 bei 0,8 A Anodenstrom, bei 240 V wiederkehrender positiver Anodenspannung und bei 27 ° C Raumtemperatur bei — 5 V Gitterspannung 200 µs und bei — 80 V Gitterspannung nur noch 20 µs. Die statische Gitterzündspannung liegt bei — 1,2 V. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß bei negativerem Gitter die Wiederzündung bereits verhindert werden kann zu einem Zeitpunkt, in dem noch eine beträchtliche Trägerdichte der Restladungen vorhanden ist. Wir finden somit einen stetigen Übergang zu der Löschung des brennenden Gleichstrombogens durch das Gitter.

Bei verschiedenen Anodenströmen unterscheiden sich die Freiwerdezeiten größenordnungsmäßig um die gleichen Zeitbeträge wie die Abklingkurven der Ionensättigungsströme. Findet die Wiederzündung bei rasch anwachsender Anodenspannung statt, so gelten im wesentlichen die gleichen Anoden- und Gitterspannungswerte für die Grenze der Wiederzündung wie bei den bisher beschriebenen Versuchen mit plötzlich angelegter positiver Anodenspannung, abgesehen von einem etwaigen Anodenspannungsanstieg während der Anlaufdauer des Zündvorganges. Liegt im Gitterkreis ein hoher Gitterwiderstand, so gelingt es nicht, die Wiederzündbedingung richtig vorauszuberechnen, da die Gitterströme kurz vor und bei der Wiederzündung größer sind als bei der Entionisierung und im Unterschied zur Entionisierung hier von der Anodenspannung abhängen. [P. K. Hermann, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 9, S. 555.]

Leitungen.

621. 315. 687. 6 **Normung von Kabelschutzhauben.** — Im Arbeitsausschuß „Kabelschutzhauben" des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik (DVM) wurde ein Normblattentwurf DIN E 279 „Bedingungen für die Lieferung und Prüfung von Kabelschutzhauben für Schwachstromkabel aufgestellt.

Der Entwurf stellt eine Ergänzung zur Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) dar und behandelt im 1. Teil Kennzeichnung, Beschaffenheit, Formen und Abmessungen, Güteeigenschaften und allgemeine Prüfbestimmungen; Form und Abmessungen (Abb. 2) sind wie folgt in Zahlentafel 1 festgelegt.

[1]) J. Instn. electr. Engr. 71 (1932) S. 707.

Digitized by Google

Zahlentafel 1 (Maße in mm).

Nennweite	d	a	b	c	h	s	Länge l
60	60 ··· 64	65 ··· 70	89 ··· 103	30 ··· 37	90 ··· 104	16 ··· 22	
80	80 ··· 86	85 ··· 91	115 ··· 133	37 ··· 48	116 ··· 134	20 ··· 27	330 ··· 355
100	100 ··· 107	105 ··· 112	142 ··· 162	45 ··· 48	143 ··· 163	24 ··· 32	

Im 2. Teil werden die Prüfverfahren für Form und Abmessungen, Frostbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Schlag beschrieben. Der vollständige Wortlaut des Entwurfes ist in der Zeitschrift „Baumarkt" 35 (1936) H. 41, S. 1298 wiedergegeben.

Gegen den Entwurf, der beim Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, Berlin NW 7, Dorotheenstraße 40, kostenlos bezogen werden kann, können begründete Einsprüche (in zweifacher Ausfertigung) bis zum 31. Dezember 1936 an die Geschäftstelle des DV. Materialprüfungen eingereicht werden.

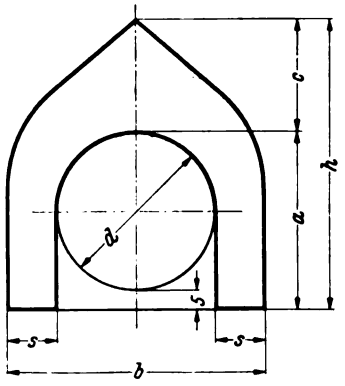


Abb. 2. Querschnitt einer Kabelschutzhaube (Maße s. Zahlentafel 1).

538. 551 **Die Untersuchung von Wechselstromschaltungen ohne komplexe Rechnung.** — Die Ermittlung der Stromverteilung in Wechselstromschaltungen, die Wirk- und Blindwiderstände enthalten, kann auch ohne die Benutzung der komplexen Rechnungsweise (symbolische Methode) durchgeführt werden, wenn die Spannungsabfälle, die durch Wirk- und Blindstrom bedingt sind, getrennt betrachtet werden. Es ergeben sich dadurch vier Wirk- bzw. Blindspannungsabfälle, die in zwei zueinander senkrechten Richtungen liegen. Die auf die beiden Richtungen entfallenden Anteile können je für sich algebraisch addiert werden. Für einen Knotenpunkt erhält man zwei rein algebraische Stromgleichungen an Stelle einer Vektorgleichung, in der naturgemäß der Phasenverschiebungswinkel auftritt. Für eine Schaltungsmasche ergeben sich entsprechend zwei rein algebraische Spannungsgleichungen an Stelle einer Vektorgleichung. Die einfache Auflösung der einander zugeordneten Gleichungen ergibt unmittelbar die Strom- bzw. Spannungskomponenten, die ihrerseits zu den resultierenden Werten zusammengesetzt werden können.

Anmerkung des Berichters: Die an sich bekannte getrennte Behandlung von Wirk- und Blindgrößen, die auch auf Leistungsbetrachtungen ausgedehnt werden kann[1]), mag dem Verständnis gewisse Erleichterungen gewähren, doch bietet die an sich einfache und bewährte symbolische Methode dem mit ihr vertrauten Elektrotechniker schon wegen der beträchtlichen Vereinfachung der Darstellung und ihrer Übersichtlichkeit kaum zu überbietende Vorteile, die ihre weitgehende Einführung bedingt haben. [F. J. Rutgers, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 349.] *gn.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 311. 22 : 621. 165 (7) **Neue Vorschaltturbine für die Fisk Street Station.** — Das Dampfkraftwerk der Commonwealth Edison Co. von Chicago an der Fisk Street war mit dem bisher vorliegenden Betriebsdruck von 17½ at nicht mehr ausbaufähig, da nicht genug Kühlwasser für zusätzliche Leistung zur Verfügung gestellt werden konnte. Man hat sich deshalb entschlossen, auf Hochdruck (84,5 at) überzugehen und eine Vorschaltturbine mit einer Leistung von 30 000 kW aufzustellen. Diese Vorschaltturbine ist so ausgelegt, daß sie ihren Abdampf an zwei Turbinen mit einer Leistung von 25 000 bzw. 35 000 kW abgibt, so daß bei einer Niederdruckleistung von 60 000 kW eine gesamte Leistung von 90 000 kW erzeugt wird. Bei gleichbleibender Kühlwassermenge wird durch die Druckerhöhung die elektrische Leistung somit um 50 % erhöht. Den Dampf für diese Hochdruckturbine liefern zwei Dampfkessel, die 16 alte Kessel ersetzen. Die Anlage bildet ein kennzeichnendes Beispiel dafür, daß nicht nur die bessere Wirtschaftlichkeit und die Verringerung der Brennstoffkosten zu den hohen Betriebsdrücken zu führen brauchen, sondern daß auch andere Bedingungen, im vorliegenden Falle z. B. eine begrenzte Kühlwassermenge, den Übergang auf hohe Drücke vorschreiben können. [Pwr. Plant Engng. (1936) S. 326.] *K. Schr.*

[1]) Vgl. z. B. Hütte, 26. Aufl., Bd. 2, S. 1128.

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 733 : 621. 317. 335 : 621. 317. 384 **Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücke mit selbsttätiger Abgleichung.** — Bei dem von G. Keinath eingeführten neuen Prüfverfahren für Kondensatoren, Kabel und Hoch-Spannungsapparate werden die Kapazitätsänderung ΔC und der Verlustfaktor tg δ des Meßobjektes in Abhängigkeit von der Betriebsspannung bzw. Einschaltdauer mit Tintenschrift vollselbsttätig aufgezeichnet[1]). W. Geyger beschreibt die zur praktischen Durchführung dieses Prüfverfahrens dienende, mit zwei phasenabhängigen Nullmotoren[2]) arbeitende Kompensations-Meßeinrichtung. Sie besteht im wesentlichen aus einer das kondensatorartige Meßobjekt enthaltenden Wechselstrom-Brückenschaltung (Abwandlung der Dawes-Hoover-Brücke[3]) und zwei durch die beiden Nullmotoren betätigten Kompensations-Schnellschreibern, welche die Brücke selbsttätig abgleichen und die jeweiligen Werte von ΔC und tg δ als Schleifdrahtlängen bzw. Einstellwinkel von Schleifkontakten linear abbilden („C-tg δ-Schreiber").

Ein besonderer Vorzug dieser Prüfeinrichtung besteht darin, daß infolge des sinusförmigen Verlaufes der die Nullmotoren erregenden Hilfsströme nur die Grundwellen der in der Brückenschaltung wirksamen Ströme und Spannungen zur Messung herangezogen werden, die Oberwellen aber unberücksichtigt bleiben. Die bei derartigen Messungen erwünschte Grundwellenselektivität, die bei den bisher gebräuchlichen Verfahren durch Benutzung eines auf die Grundfrequenz abgestimmten Vibrationsgalvanometers erreicht wird, ist hier also grundsätzlich vorhanden. Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit bleiben ebenfalls unverändert. Die Eigenschaften des im Nullzweig liegenden, den beiden Nullmotoren vorgeschalteten Röhrenverstärkers (Kennlinien, Verstärkungsfaktor usw.) und die betriebsmäßigen Spannungsschwankungen des den Verstärker speisenden Wechselstromnetzes haben, da es sich um ein reines Nullverfahren handelt, grundsätzlich keinen Einfluß auf das Meßergebnis; sie beeinflussen lediglich (in praktisch durchaus zulässigem Maße) die Größe der Nullmotor-Drehmomente und somit die Einstellzeit der beiden Schreibfedern, die nur etwa 1 bis 2 s beträgt. Infolge dieser großen Einstellgeschwindigkeit werden auch kurzzeitig oder plötzlich eintretende Änderungen der Kapazität und des Verlustfaktors meßtechnisch einwandfrei erfaßt und naturgetreu aufgezeichnet. Die in früheren Arbeiten[4]) zusammengestellten Meßergebnisse zeigen, daß aus den Kennlinien, die ΔC und tg δ als Funktion der Betriebsspannung bzw. Einschaltdauer darstellen, sichere Rückschlüsse auf das Verhalten des Prüflings im praktischen Betriebe gezogen werden können. [W. Geyger, Arch. techn. Mess. (1936) Lfg. 62, J 924-1.] *Vb.*

621. 317. 755 : 621. 317. 31/2 **Die gleichzeitige Darstellung von Strom- und Spannungskurven mit dem Braunschen Rohr bei 50 Hz.** — Um auf dem Leuchtschirm eines einstrahligen Braunschen Rohrs den zeitlichen Verlauf zweier Meßgrößen (z. B. von Strom und Spannung) praktisch gleichzeitig sichtbar zu machen, wurde ein Zusatzgerät entwickelt, das durch einen Synchronumschalter die beiden Meßgrößen abwechselnd an das Ablenksystem des Braunschen Rohres legt (Abb. 3). Da die Beanspruchung der Umschaltkontakte gering sein soll, erhält der Umschalter nur eine Meßspannung von etwa 1 V von dem zu untersuchenden Verbrau-

[1]) G. Keinath, Arch. techn. Mess. (1935) V 339-14; (1936) V 339-15. ETZ 57 (1936) H. 4, S. 86. Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 289 u. 304.

[2]) W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 842.

[3]) C. L. Dawes u. P. L. Hoover, J. Amer. Inst. electr. Engr. 45 (1926) S. 337. — C. L. Dawes, F. L. Hoover u. H. H. Reichard, J. Amer. Inst. electr. Engr. 48 (1929) S. 3 u. 450. Vgl. auch J. Krönert: Meßbrücken und Kompensatoren Bd. 1, S. 212, München: R. Oldenbourg 1935.

[4]) Wie Fußnote 1.

Digitized by Google

cherkreise. Diese kleine Spannung legt der Synchronumschalter über ein Verstärkerrohr an das Braunsche Rohr. Der Verbraucherstrom wird über einem Stromwandler T_1, die Verbraucherspannung über einem Spannungswandler T_2 gemessen, um die Meßanordnung einpolig erden zu können. Der Stromwandler ist sekundär durch einen induktionsfreien Widerstand R_1 von etwa 0,1 Ω und etwa noch über die Stromspule eines Leistungsmessers geschlossen. Die aufzuzeichnende Spannung wird an einem Widerstandsteiler R_2—R_3 abgegriffen. Die Klemmen der Widerstände R_1 und R_2 sind mit den Schleifringen *1* und *3* verbunden, die die Spannung über die beiden Halbringe des Stromwenders *2* zum Gitter der Schirmgitterröhre führen. Die Schleifringe sitzen isoliert auf der Welle eines vierpoligen Synchronmotors (1500 U/min). Somit wird während einer vollen Periode nacheinander die Strom- und

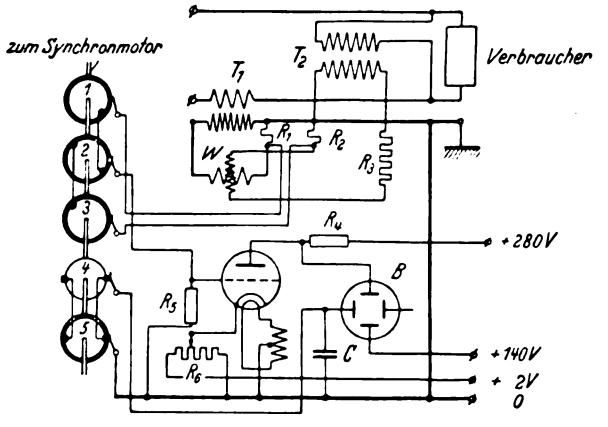


Abb. 3. Schaltung des Zusatzgerätes.

Spannungskurve niedergeschrieben. Die Ablenkplatten des Braunschen Rohrs sind ohne weitere Kopplungsglieder unmittelbar an den einstufigen Verstärker angeschlossen. Bei einer Anodenspannung von 280 V und einem Außenwiderstand $R_4 = 0{,}1$ Megohm betrug die Verstärkung ungefähr 70. Die eine Meßablenkplatte des Braunschen Rohres ist unmittelbar mit der Anode des Verstärkerrohrs verbunden, die andere Meßablenkplatte liegt an einer Kompensationsspannung von 140 V. Die Zeitablenkung des Elektronenstrahls wird zwangsläufig durch den Synchronmotor gesteuert. Der Zeitkreiskondensator *C* wird wie üblich über eine Sättigungsröhre oder über eine Schirmgitterröhre aufgeladen. Schaltet der Stromwender *2* von der einen auf die andere Meßgröße um, so wird der Kondensator *C* über Kontakte der Schleifringe *4* und *5* kurzgeschlossen und die Zeitablenkung beginnt von neuem. Das Gerät wurde bei der Aufzeichnung des Phasenstromes und der annähernd sinusförmigen Phasenspannung eines gittergesteuerten Gleichrichters bei verschiedener Einstellung des Zündpunktes erprobt. Die aufgenommenen Oszillogramme lassen erkennen, daß die Abbildung formgetreu und daß die gegenseitige Beeinflussung der beiden Meßgrößen vernachlässigbar gering ist. [O. Schäfer, Z. techn. Physik 17 (1936) S. 266.] *Rsk.*

Elektrisches Prüfamt 44. — Der Kommunalen Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft A.-G. in Sagan ist die Genehmigung erteilt worden[1]), als „Elektrisches Prüfamt 44" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom bis 100 A 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 1000 A 20 000 V.

Beleuchtung.

621. 327. 3/. 44 : 535. 24 **Die Photometrie von Metalldampflampen.** — Die zunehmende Verbreitung der Metalldampflampen hat zur Folge gehabt, daß man sich auch mit der Photometrie der neuen Lichtquellen befassen mußte. Da die Gasentladungslampen meist mit Wechselstrom betrieben werden und Schwebungen zwischen der Wechselstrom- und Flimmerfrequenz befürchtet wurden, bestanden gegen eine Verwendung des Flimmerphotometers zunächst Bedenken. Deshalb wurde das sogenannte Filterverfahren zugrunde gelegt. Die Bestimmung der Durchlässigkeit der Filter wird allerdings nicht, wie meistens üblich, spektralphotometrisch, sondern durch eine Bankmessung vorgenommen unter Benutzung des Flimmerphotometers. (Hierdurch geht der besondere Vorteil des Filterverfahrens, die Vermeidung einer heterochromen Messung, verloren. D. Ber.) Die für die verschiedenen Lichtsorten ermittelten günstigsten Filterkombinationen sind in nachstehender Zahlentafel zusammengestellt.

Lichtart	Wellenlänge (haupts.)	Kombination von Wrattenfiltern Nr.
Natriumlicht	5890 Å und 5896 Å	23 A und 57
Quecksilberlicht	5461 Å und 5770 Å 5790 Å und 4358 Å	38 und 51
grüne Quecksilberlinie .	5461 Å	62
gelbe Linien	5770 Å und 5790 Å	61 und 22

Da sich nicht immer eine genaue Übereinstimmung zwischen der Lichtfarbe der zu messenden Lichtquelle und der der Vergleichslampe erzielen läßt, muß man die Beobachter so auswählen, daß ihre Augenempfindlichkeitskurve mit der international festgelegten möglichst übereinstimmt. Diese Auswahl geschieht in der von Ives und Kingsbury vorgeschlagenen Weise, durch Bestimmung des Y/B-Verhältnisses. Hierbei wird die Durchlässigkeit eines gelben und eines blauen Flüssigkeitsfilters von jedem Beobachter für Licht einer Kohlefadenlampe von bestimmter Temperatur gemessen. Diese Filter sind so gewählt, daß ihre Durchlässigkeit für ein Auge, dessen spektrale Empfindlichkeitskurve mit der international festgelegten übereinstimmt, gleich ist. Das für einen Beobachter ermittelte Verhältnis

$$\frac{Y}{B} = \frac{\text{Durchlässigkeit des gelben Filters}}{\text{Durchlässigkeit des blauen Filters}}$$

ist ein Maß für die Abweichung der Augenempfindlichkeitskurve dieses Beobachters von der internationalen Kurve. Ist der Mittelwert des Y : B-Verhältnisses bei einer kleinen Gruppe von Beobachtern gleich 1, so kann man annehmen, daß der Mittelwert der Meßergebnisse dieser Beobachter gut mit dem Wert übereinstimmt, den man unter Zugrundelegung der internationalen Augenempfindlichkeitskurve zu erwarten hätte.

Bei Natriumdampflampen läßt sich eine befriedigende Anpassung der Lichtfarben erreichen. Bei Quecksilberdampflampen ist es jedoch nicht möglich, eine so gute Übereinstimmung der Lichtfarbe mit der der Vergleichslichtquelle zu erzielen wie bei Natriumdampflampen. Es ergab sich infolgedessen, daß Messungen an Quecksilberdampflampen nicht immer sehr gut zu wiederholen waren. Untersuchungen zur Verbesserung der Wiederholbarkeit der Messung, die mit verschiedenen Flimmer- und Gleichheitsphotometern vorgenommen wurden, zeigten, daß durch Verkleinerung des Gesichtsfeldes des Gleichheitsphotometers von 6 ° auf 2 ° eine bessere Übereinstimmung mit den unter Benutzung des Flimmerphotometers erhaltenen Werten und gleichzeitig auch eine bessere Wiederholbarkeit der Messung erhalten wurde. Die Untersuchungen ergaben ferner, daß auch bei der Photometrie mit Wechselstrom betriebener Gasentladungslampen gegen die Benutzung des Flimmerphotometers keine ernstlichen Bedenken bestehen.

Schließlich ist es noch möglich, die Lichtstrommessung völlig objektiv durchzuführen. Hierzu könnte man das von König beschriebene „Normalauge" verwenden. Es besteht aus einer Photozelle, die durch Vorschaltung von Filtern eine mit der internationalen Augenempfindlichkeitskurve übereinstimmende spektrale Empfindlichkeitskurve erhalten hat. Da an die Unveränderlichkeit der Eigenschaften der Photozelle und der Filter sehr hohe Forderungen gestellt werden müssen, bestehen noch technische Schwierigkeiten, die aber hoffentlich bald überwunden sein werden. [G. Heller, Philips techn. Rdsch. 1 (1936) S. 120.] *M. W.*

[1]) Reichsanzeiger Nr. 244 vom 19. 10. 1936.

Digitized by Google

Installation.

669. 3 + 669. 71 **Kupferplattierte Aluminiumbleche.** — Unter der Bezeichnung „Cupal" werden Plattierungen von Kupfer auf Aluminium hergestellt, die in Blechform ein gut bewährtes Bindeglied zwischen stromführenden Cu- und Al-Leitern abgeben. Seit mehreren Jahren wird Cupal als Beilage für Freileitungsklemmen benutzt und neuerdings auch zwischen Cu- und Al-Bauteilen in den Stationen verwandt. Auch für kleine Klemmen, Installationsmaterial aller Art gewinnt es Bedeutung. In der Hochfrequenztechnik haben sich Cupalbleche für die Herstellung von Radiokondensatoren günstig bewährt. Außer ein- oder doppelseitig mit Kupfer plattierten Aluminiumblechen werden Anschweißstücke sowie auch besondere Aufschweißstücke in stärkeren Abmessungen und mit einem, bzw. zwei unplattierten, aus Reinaluminium bestehenden Enden zwecks Ermöglichung einfacher Aluminiumschweißung für den Schaltanlagenbau und als neueste Anordnung Randbleche, d. s. Reinaluminiumbleche, mit einer schmalen, ein- oder doppelseitig ausgeführten Kupferplattierung herausgebracht. Letztere eignen sich besonders für das Gebiet der Hausanschlüsse, Verteilerstücke, Tatzenklemmen, Installationsmaterial aller Art, auch für den Gerätebau usw. Elektro-Cupal wird in handelsüblichen Tafeln in der Ausführung weich-gebeizt, halbhart oder hart und nach Wahl in Einheitsstärken von 2, 1 oder 0,5 mm hergestellt. Auch alle anderen Abmessungen bis zu 12 mm Stärke werden in ein- oder doppelseitiger Plattierung hergestellt[1]). Amtliche Prüfungen über das Verhalten bei Stromdurchgang haben z. B. für Elektro-Cupal 7030 ergeben: Spez. Widerstand = 0,0252 Ω, Leitfähigkeit = 39,7; für Elektro-Cupal 15/70/15 entsprechend 0,0239 Ω und 41,8. Der spezifische Kontaktwiderstand bei geschmirgelten Flächen ist je nach dem Anpreßdruck zwischen 1 bis 5 kg/mm² entsprechend 15×10^{-6} bis 8×10^{-6} Ω/cm² und damit besser als bei Reinkupfer. *Pge.*

Verkehrstechnik.

621. 335. 2. 033. 44 **Dieselelektrische Lokomotive mit 2030 PS-Dieselmotor.** — In den V. S. Amerika wurde eine dieselelektrische Güterzuglokomotive der Bauart Co—Co in Dienst gestellt, die mit ihrem 2030 PS-Dieselmotor die größte in Schienenfahrzeugen eingebaute Maschineneinheit in Amerika besitzt. Sie hat ein Dienstgewicht von 157 t und entwickelt mit ihren 6 Tatzlagermotoren eine größte Zugkraft von 45,4 t. Die Zughaken sind an den Drehgestellen angebracht, dadurch wurde eine leichte Bauart des elektrisch geschweißten Lokomotivrahmens ermöglicht. Obwohl alle Hauptteile der Ausrüstung wie Maschinensatz (Gewicht etwa 45 t), Druckluftausrüstung, Motorlüfter, Steuerungsteile und Hilfsmaschinen sich in der Mitte befinden, beträgt die größte Durchbiegung des Rahmens nur 9,5 mm bei einem Drehzapfenabstand von etwa 11,4 m. Haupt- und Hilfsgenerator haben eine gemeinsame Welle und sind über eine nachgiebige Kupplung mit dem Dieselmotor direkt gekuppelt, wobei nur ein Ankerlager zwischen beiden Generatoren vorgesehen ist. Der 14-polige Hauptgenerator wiegt nur 8,2 t bei 1965 PS Eingangsleistung und 550 U/min. Die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive beträgt 103 km/h, die 6 fremdgelüfteten Motoren entwickeln eine Dauerzugkraft von 16 600 kg bei einem Raddurchmesser von 990 mm und einem Übersetzungsverhältnis von 4,13 : 1. Konstante Maschinenleistung über einen Geschwindigkeitsbereich bis 77,5 km/h wird durch einen gegen Geschwindigkeitsänderungen empfindlichen Steuer- und Erregergenerator erzielt, der über dem Hilfsgenerator liegt und von der Hauptwelle über Riemen angetrieben wird. Durch diesen Steuergenerator wird die Erregung des Hauptgenerators so beeinflußt, daß die eingestellte Dieselmaschinendrehzahl bei Belastungsänderungen aufrechterhalten bleibt. Zur Regelung der Lokomotivgeschwindigkeit ist außer der Brennstoffdrosselung, die in üblicher Weise den Fliehkraftregler beeinflußt, eine Umschaltung der Motoren möglich. Beim Anfahren auf der letzten Fahrschalterstufe geht das Weiterschalten über die 4 Stellungen selbsttätig vor sich. Unter den 4 Schaltstellungen sind 2 mit Feldschwächung. Alle Teile der Lokomotive zeichnen sich durch einfache und kräftige Bauart aus, die Anordnung ist unter besonderer Berücksichtigung leichter Zugänglichkeit und schnellen Ein- und Ausbaus gewählt, um geringe Unterhaltungskosten zu erzielen. [F. H. Craton, Gen. electr. Rev. 39 (1936), S. 373.] *Dtt.*

[1]) Die einseitig plattierten Bleche haben folgende Benennungen: 7030 (Aluminiumstärke 70%, Kupferstärke 30%) 8020 und 9010; die doppelseitig plattierten Bleche: 15/70/15, 10/80/10 und 5/90/5.

629. 122. 03 **Der Voith-Schneider-Antrieb.** — Dieser Antrieb trat im Jahre 1931 bei Schiffen der Deutschen Reichsbahn auf dem Bodensee erstmalig in Erscheinung und hat seitdem zunehmende Verbreitung gefunden. Im Zuge seiner Entwicklung wurden hierbei immer größere Leistungen erreicht. Die Durchschnittsleistung eines mit diesem Antrieb ausgerüsteten Schiffes ist bei den Aufträgen dieses Jahres auf über 2000 PS angewachsen. Von der Binnenschiffahrt ausgehend findet der Antrieb neuerdings auch bei Seeschiffen Eingang. Zur Zeit sind bereits 20 Seeschiffe für die Nord- und Ostsee in Betrieb und Bau. Gegenüber Schaufelrad und Schraube, die mit waagerechten Drehachsen quer- und

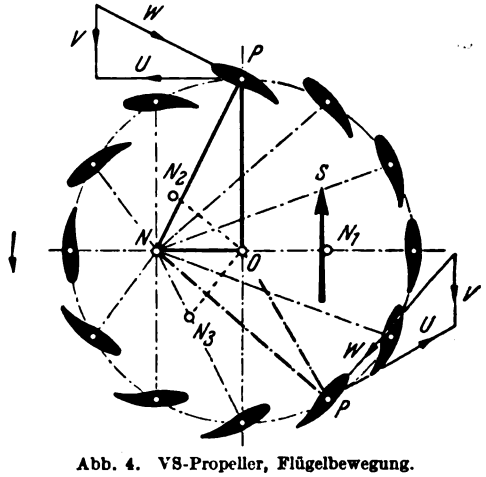


Abb. 4. VS-Propeller, Flügelbewegung.

längsschiffs arbeiten, verwendet der VS-Propeller die Senkrechte, wobei der Propellerschub, welcher das Schiff bewegt, beliebig nach allen Richtungen gedreht werden kann. Es ergibt sich eine Zusammenfassung der Antriebs- und Steuerwirkungen, so daß ein besonderes Ruder überflüssig ist. Die einzelnen senkrecht in das Wasser ragenden Flügel des Voith-Schneider-Antriebes laufen am Umfange eines mit dem Schiffsboden bündig abschneidenden Laufrades um und vollführen gleichzeitig um ihre eigenen Achsen kleine Drehschwingungen, die vom Steuerstand aus geregelt werden. Die Schwingbewegungen der Flügel um ihre Achsen werden im umlaufenden Laufrad durch einen besonderen Mechanismus so gesteuert, daß die auf den Flügelprofilen in deren Drehpunkten errichteten Normalen sich stets in demselben, innerhalb des Laufkreises liegenden Steuerpunkt schneiden. Die Abb. 4 zeigt die Stellungen, die die Flügel während eines Umlaufes des Schaufelrades um seine Achse *O* bei einer bestimmten Lage des Steuerpunktes *N* einnehmen. Der einzelne Flügel vollführt, wenn man zunächst von der Eigendrehung um seinen Zapfen absieht, zwei Hauptbewegungen relativ zum Wasser. Er läuft mit der Umfangsgeschwindigkeit u um und schreitet gleichzeitig mit der Geschwindigkeit v, die durch die Schiffsgeschwindigkeit und den Nachstrom bedingt ist, in der Fahrtrichtung fort. Die aus beiden Bewegungen zusammengesetzte Relativströmung w schließt das Geschwindigkeitsdreieck, und diese Richtung, die sich von einem Punkt des Schaufelrades zum anderen ändert, entspricht der Stellung des Flügelprofils für den Leerlaufzustand. Aus der Abbildung ist auch das bereits oben erwähnte Bewegungsgesetz der Flügel ersichtlich. Der „Steuerpunkt", durch den die auf den Flügelprofilen errichteten Senkrechten ständig hindurchgehen, ist allen Flügeln gemeinsam und liegt bei gerader Fahrt querschiffs zur Radmitte. Der durch die Antriebsmaschine in Umlauf versetzte VS-Propeller erzeugt durch das Zusammenwirken aller gleichsinnig parallelen Vortriebskomponenten eine Schubkraft, die stets ungefähr senkrecht auf der Exzentrizitätsrichtung *ON* des Steuerpunktes steht. Die Lage des Punktes *N* kann durch getriebliche Mittel innerhalb des Exzentrizitätskreises beliebig verändert werden. Vergrößern und Verkleinern der Exzentrizität ändert die Schubkraft ihrer Größe nach, Herumfüh-

Digitized by Google

ren des Punktes auf einem Kreis um den Mittelpunkt O ändert die Wirkungsrichtung der Schubkraft. Auf diese Weise kann man, bei stets gleichbleibender Drehzahl und Drehrichtung der Antriebsmaschine, schnell und langsam fahren, stoppen, rückwärts fahren und, innerhalb der Grenzen der Maschinenleistung, jede gewünschte Steuerwirkung herbeiführen, z. B. auch auf der Stelle drehen. [Verkehrstechn. Woche (1936) S. 277.] *Pge.*

Fernmeldetechnik.

621. 396. 694 **Das Rauschen von Empfängerröhren im Gebiet von 150 kHz bis 15 MHz.** — Das Eigenrauschen von Verstärkerröhren wird im Frequenzgebiet oberhalb 10 kHz in der Hauptsache durch den Schroteffekt verursacht. Die mittlere Rauschspannung $\overline{U}_a$, die zufolge des Schroteffektes innerhalb des Frequenzbereiches Δf an einem Widerstand R_a entsteht, der in den Anodenkreis einer Verstärkerröhre mit dem inneren Widerstand R_i und dem Anodenstrom I_a eingeschaltet ist, beträgt bekanntlich

$$\overline{U}_a = 0{,}56\, F \left(\frac{R_a \cdot R_i}{R_a + R_i} \right) \sqrt{I_a \Delta f}$$

[R in kΩ, I_a in mA, f in kHz, $\overline{U}_a$ in μV.] Dabei ist $F < 1$ und stellt den Schwächungsfaktor dar, um den der theoretische Schroteffekt durch die Kathodenraumladung vermindert wird. Durch Division mit dem Verstärkungsgrad ergibt sich die mittlere Rauschspannung bezogen auf die Gitterseite zu

$$\overline{U}_g = 0{,}56 \frac{F}{a} \sqrt{\Delta f} \text{ in } \mu V,$$

wobei a die Steilheitskonstante der Röhre bedeutet, die nur von der Bauart der Röhre abhängt und gleich der Steilheit bei einem Anodenstrom $I_a = 1$ mA ist. Das gitterseitige Rauschen ist also um so geringer, je größer die Steilheitskonstante der betreffenden Röhre ist. Da dieser Ausdruck völlig äquivalent ist mit dem Ausdruck für das Eigenrauschen $\overline{U}$ eines reellen Widerstandes R.

$$\overline{U} = 0{,}13 \sqrt{R \Delta f}$$

bei $t = 20°$ C,

läßt sich eine Röhre in ihren Rauscheigenschaften am einfachsten durch Angabe des äquivalenten Widerstandes R_g kennzeichnen, der genau das gleiche Eigenrauschen besitzt wie die Gitterseite der betreffenden Röhre.

Die experimentelle Untersuchung ergab Übereinstimmung mit diesen Formeln. Die anodenseitige Rauschspannung ist ungefähr proportional zu $\sqrt{I_a}$. Das gitterseitige Rauschen ist dagegen weitgehend unabhängig von I_a. Eine Abhängigkeit von der Höhe der Betriebsspannungen sowie von der Höhe der Frequenz ist in dem untersuchten Frequenzgebiet nicht vorhanden. Dagegen ist die Rauschspannung von der Emissionsfähigkeit der Kathode im Verhältnis zum Anodenstrom abhängig. Solange die Kathodentemperatur so hoch ist, daß eine Raumladungswolke vor der Kathode besteht, ist die Rauschspannung angenähert konstant, und zwar kleiner als der theoretische Schroteffekt ($F < 1$). Erst bei niedriger Temperatur, bei der Sättigung besteht und alle emittierten Elektronen zur Anode fortgezogen werden, steigt die Rauschspannung auf den Wert des reinen Schroteffektes an ($F = 1$).

Für eine Reihe von Röhrenarten wurde der Faktor F für normale Kathodentemperatur sowie der äquivalente Gitterwiderstand bestimmt. Der Faktor F liegt immer zwischen 0,3 und 0,8. Bei Röhren mit direkt geheizten Kathoden ist er etwas niedriger als bei Röhren mit indirekt geheizten Kathoden und innerhalb dieser beiden Kathodenarten wiederum bei Eingitterröhren etwas niedriger als bei Pentoden. Der äquivalente Gitterwiderstand ist bei Röhren mit direkt geheizten Kathoden wegen der geringeren Steilheitskonstanten merklich größer (6 bis 10 kΩ) als bei Röhren mit indirekt geheizten Kathoden (2 bis 4 kΩ). Der Unterschied zwischen Eingitterröhren und Pentoden bleibt dabei grundsätzlich erhalten. Für die allermeisten Verwendungszwecke, vor allem also bei der selektiven Verstärkung von Frequenzen unterhalb rd. 6 MHz ($\lambda >$ etwa 50 m), ist daher das Eigenrauschen der Röhren vernachlässigbar klein gegenüber dem Eigenrauschen der verwendeten selektiven Schaltteile [H. Rothe u. G. Plato, Telefunken-Röhre (1936) S. 94.] *eb.*

621. 398 : 699. 8 : 623. 74 **Luftschutz-Warndienstanlage.** — Zur wirksamen Durchführung des Luftschutzes gehört neben der rechtzeitigen Warnung der Behörden und industriellen Werke in besonderem Maße auch die Alarmierung der Gesamtbevölkerung. Die hierfür gebräuchlichen Sirenen müssen auf Anordnung des Reichsluftfahrtministeriums hinsichtlich Lautstärke und Tonhöhe bestimmten Anforderungen entsprechen. Der Betrieb dieser Großalarmgeräte erfordert größere Stromstärken, die eine unmittelbare Einschaltung von der Zentralstelle aus unwirtschaftlich gestalten, wenn diese, wie es bei Groß- und Mittelstädten der Fall ist, weiter entfernt liegen. Man verwendet dann zweckmäßig vorhandene Feuermelde- und Polizei-Notrufanlagen, oder auch gewöhnliche Fernsprechleitungen, um durch Überlagerung eines kleinen Stromes anderer Frequenz ein Relais zu betätigen, das den Stromkreis der Sirenen öffnet und schließt. Für kleinere Anlagen kann die Einschaltung der Sirenen unmittelbar über Starkstromkabel erfolgen. Bei größeren Anlagen sind mehrere Sirenen nebst den dazugehörigen Schaltgeräten und die in dem betreffenden Bezirk befindlichen Feuermelder an eine Kommandostation angeschlossen. Die Kommandostationen, die wiederum mittels Ringleitung mit der Zentralstelle in Verbindung stehen, erhalten ein Befehlsgerät

Abb. 5. Befehlsgerät.

Abb. 6. Großalarmgerät.

(Abb. 5) mit einem Lampenstreifen und drei Tasten. Diese schalten „Fliegeralarm", „Fliegeralarm zu Ende" und „Feueralarm". Die gleichen Signale können auch von der Zentralstelle aus gegeben werden. Kleine Lampen zeigen dies am Befehlsgerät an. Ein Leuchten der übrigen Lampen deutet auf Störungen hin. Der Fliegeralarm kann durch keinen anderen Alarm abgeschaltet werden, er selbst kann aber die beiden anderen zu jeder Zeit beendigen. Der Feueralarm läßt sich auch durch die Feuermelder sowie von der Feuermeldezentrale mit einem Rufstrom bestimmter Frequenz einschalten. Alle Leitungen werden zur ständigen Überwachung von einem schwachen Ruhestrom durchflossen. Die Großalarmgeräte (Abb. 6) besitzen zwei getrennte elektrische Motorsätze. Der eine gibt das Zeichen „Fliegeralarm" mit rasch schwankendem Heulton von etwa 200 bis 500 Hz und das Zeichen „Fliegeralarm zu Ende" mit einem gleichbleibenden Ton von etwa 400 Hz. Der zweite Motorsatz erzeugt eine Frequenz von 145 Hz für den „Feueralarm". Die Zeitdauer dieser Alarme beträgt allgemein 2 min und ist unabhängig von der Dauer des Tastendruckes. Die Einschaltung der Sirenen geschieht durch Steuergeräte (Abb. 7), die auch ein Betätigen jeder einzelnen Sirene an Ort und Stelle gestatten. *He.*

Abb. 7. Steuergerät.

Digitized by Google

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 315. 52 : 537. 723. 1 + 538. 213. 082 **Über die genaue Messung der elektrischen Leitfähigkeit und der Permeabilität von Eisendrähten.** — Es gibt eine Reihe von Arbeiten, in denen an Eisenrohren oder gezogenen Eisendrähten ein Unterschied zwischen der Permeabilität μ in Achsenrichtung (z-Richtung) und derjenigen in Azimutalrichtung (ϑ-Richtung) festgestellt ist. Eine Übersicht über die bisherigen Ergebnisse gibt kein klares Bild über die Zusammenhänge. Die Werte für den Quotienten μ_ϑ/μ_z liegen meist zwischen 0,2 und 1, während auch einige Werte etwas über 1 liegen, das würde bedeuten, daß man nicht ohne weiteres bei Stromverdrängung und Flußverdrängung mit derselben Permeabilität rechnen kann. Außerdem muß man sich die Frage vorlegen, ob nicht auch die elektrische Leitfähigkeit $\varkappa$ ähnlichen Einflüssen unterworfen ist und man bei ihrem Gebrauch bei der Berechnung der Verdrängungserscheinungen in zylindrischen Eisenleitern nicht ähnliche Überlegungen anstellen muß wie bei der Permeabilität.

E. Rath beschreibt ein Verfahren, das es ermöglicht, die 4 Werte μ_ϑ, μ_z, $\varkappa_\vartheta$ und $\varkappa_z$ mit verhältnismäßig großer Genauigkeit zu bestimmen. Das Berechnungsverfahren ist meßtechnisch zurückgeführt auf eine Messung des komplexen Widerstandes an einem gestreckten Draht und an einer Ringspule, die in einer Maxwellbrücke vorgenommen wird. Die Berechnung ist so aufgebaut, daß die Auswertung der Meßergebnisse, bei denen Frequenz und magnetische Feldstärke geändert wurden, nach Gleichungen der Art $y = a_0 + a_1 x$ durchgeführt und damit durch Extrapolation nach $x = 0$ eine Trennung der einzelnen Anteile vorgenommen werden konnte. Die an Eisendrähten verschiedener Zusammensetzung gewonnenen Ergebnisse werden mitgeteilt. Aus den erhaltenen Werten geht hervor, daß bei technisch gebräuchlichen Eisensorten bzw. -legierungen nur unwesentliche Unterschiede zwischen den Werten in z- und ϑ-Richtung bestehen. Lediglich beim geglühten Elektrolyteisen ergeben sich stärker abweichende Werte für μ_ϑ/μ_z und $\varkappa_\vartheta/\varkappa_z$. [E. Rath, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 10, S. 651.]

512. 9 : 621. 316. 064 **Zur Praxis der symbolischen Methode zur Lösung von Ausgleichsvorgängen.** — Die grundlegende Beziehung, auf der die symbolische Methode zur Lösung von Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten beruht, kann am einfachsten dadurch erhalten werden, daß man die vorliegende Differentialgleichung mit $e^{-px}\,dx$ multipliziert und jedes Glied zwischen den Grenzen 0 und ∞ integriert (diese Vorschrift ist nachstehend durch das Zeichen $\dot{}$ angedeutet). Nach Multiplikation mit p wird zur Vereinfachung

$$p \int_0^\infty y\, e^{-px}\, dx = X(p)$$

oder

$$y(x) \doteqdot X(p)$$

gesetzt. Die gegebene Gleichung wird in dieser Weise in eine neue Gleichung überführt, in der nur p und $X(p)$ erscheinen, so daß X als eine Funktion von p ausgedrückt werden kann. Für die bekannte Differentialgleichung eines Stromkreises mit L, R und C erhält man z. B.

$$X(p) = \frac{L\, y_0\, p^2 + E\, p}{L\, p^2 + R\, p + 1/C}.$$

Ist zu diesem Ausdruck $X(p)$ die ihm entsprechende Funktion $y(x)$ bekannt, so kann die gesuchte Lösung y sofort geschrieben werden. Die praktische Anwendung der symbolischen Methode setzt also die Kenntnis einer möglichst großen Anzahl von Beziehungen zwischen X und y für explizit gegebene Funktionen X voraus. Mit Benutzung von einigen allgemein gültigen Beziehungen wird eine Anzahl der wichtigsten Fälle gelöst und die entsprechenden Beziehungen zusammengestellt. Die besonderen Formen von $X(p)$ enthalten im Nenner die Polynome $(p^2 + \omega^2)$, $(p + a)$ oder $(p^2 + Ap + B)$, während im Zähler Polynome von der Form $(p^3 + r\,p^2 + m\,p + n)$ vorkommen. Die durchgeführte Vorausberechnung erleichtert den ganzen Rechnungsgang und ermöglicht, die gesuchte Lösung $y(x)$ auch in ziemlich verwickelten Fällen unmittelbar zu finden. [J. Hak, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 10, S. 671.]

621. 383. 5. 018. 4 **Zur Frequenzabhängigkeit von Sperrschicht-Photozellen.** — Eine Arbeit von F. W. Gundlach verfolgt den Zweck, die Abhängigkeit der von Sperrschicht-Photozellen gelieferten Wechselspannung von der Frequenz des auffallenden Wechsellichtes zu ermitteln, und zwar bei den verschiedensten äußeren Belastungswiderständen und den verschiedensten Vorspannungen. Außerdem wird versucht, die beobachteten Frequenzabhängigkeiten der Photowechselspannung aus den ohmschen und kapazitiven Eigenschaften der Sperrschicht-Photozellen zu erklären.

Die Grundlagen der Untersuchungen sind durch zwei Meßreihen gegeben: 1. durch Messung des komplexen Scheinwiderstandes der unbelichteten Photoelemente bei verschiedenen Frequenzen und verschiedenen, von außen her den Elementen aufgedrückten Gleichströmen (sog. „Grundstrom"), 2. durch Messung der bei Wechselbelichtung gelieferten Photowechselspannung bei verschiedenen Frequenzen, verschiedenen Belastungswiderständen und verschiedenen, durch eine Vorspannungsquelle aufgedrückten Grundströmen.

Die an dem Beispiel einer Selen-Vorderwandzelle dargestellten Meßergebnisse ergeben für die technische Anwendung der Sperrschicht-Photozellen folgende wichtige Tatsachen: Die gelieferte Photowechselspannung steigt erheblich, wenn man der Zelle einen Grundstrom aufdrückt, und zwar in der Richtung, daß er den bei Belichtung auftretenden Photogleichstrom verstärkt. Außerdem verbessert das Vorhandensein des Grundstromes den Frequenzgang der Zellen bedeutend, d. h. das Absinken der Photowechselspannung bei höheren Frequenzen wird durch Vorhandensein eines Grundstromes bei den Sperrschicht-Photozellen erheblich gemildert. Weiterhin ergeben die Messungen folgende, für die physikalische Erklärung der Arbeitsweise der Sperrschichtzellen wichtige Tatsachen: Nimmt der von einer äußeren Gleichspannungsquelle aufgedrückte Grundstrom zu (wobei seine Richtung die gleiche sein muß wie die des von der Zelle gelieferten Photogleichstromes), so sinkt die Kapazität der Sperrschicht fortlaufend, ihr ohmscher Widerstand dagegen steigt mit zunehmendem Grundstrom, erreicht schließlich einen Höchstwert, um danach wieder etwas abzusinken.

Das Verhalten der Photowechselspannung läßt sich aus den Eigenschaften der Sperrschicht leicht erklären, wenn man annimmt, daß ein primärer, lediglich von der Stärke der auffallenden Belichtung abhängiger Photostrom in die Parallelschaltung von Sperrschichtwiderstand, Sperrschichtkapazität und äußerem Belastungswiderstand einströmt und dabei als Spannungsabfall die Photowechselspannung zur Folge hat. Somit entsteht ein Ersatzbild für die Sperrschicht-Photozellen, aus dem sich das Verhalten bei allen Betriebszuständen leicht erklären läßt. [F. W. Gundlach, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 10, S. 625.]

621. 315. 1 : 538. 551. 26 **Die flüchtigen Induktionsspannungen in einer beliebig verlaufenden geerdeten Einfachleitung.** — Eine Arbeit von H. Buchholz befaßt sich mit der Berechnung der flüchtigen Induktionsspannungen, die bei Schaltvorgängen von einer geradlinigen, sehr langen Einfachleitung in einer beliebig dazu verlaufenden geerdeten Einzelleitung induziert werden. Den Rechnungen liegt die übliche vereinfachte Vorstellung zugrunde, daß sich beim Einschalten der Strom und das zugehörige Magnetfeld mit unendlicher Geschwindigkeit ausbreiten. Als Zeitgesetz für den Strom wird aus bestimmten Gründen der einfache Gleichstoß mit linearem Anstieg gewählt. Die Berechnung der Induktionsspannungen gestaltet sich am einfachsten für ein Leitungsstück in sogenannter Abzweiglage. Diese Lage besitzt ein Leitungsstück dann, wenn die Spur eines ihrer beiden Endpunkte in die waagerechte Spur der unendlich langen induzierten Leitung fällt. Aus derartigen Leitungsstücken kann aber jede beliebige Einzelleitung mit Knickstellen zusammengesetzt werden. Bei der angenommenen Form des Stromstoßes treten die größten Spannungsspitzen am Ende des Schaltschrittes auf. Die Abhängigkeit dieser Spannungsspitzen von Abstand, Neigungswinkel und Dauer des Schaltschrittes wird durch Kurven veranschaulicht. Für die maßgebenden Funktionen sind alle zu ihrer Berechnung erforderlichen Elemente angegeben. [H. Buchholz, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 10, S. 637.]

Digitized by Google

Hochspannungstechnik.

621. 315. 145. 015. 34 **Wanderwellen auf Leitungsbündeln.** — Für eine Anzahl parallellaufender Einzelleitungen, ein Leitungsbündel, leitet H. Schwenkhagen aus den Differentialgleichungen der ebenen Welle und ihrer allgemeinen Lösung die Definition von Eigenwellenwiderständen und Koppelwellenwiderständen her, die in einfacher Weise mit den Maxwellschen Teilkapazitätskoeffizienten zusammenhängen. Abweichend von früheren Darstellungen des gleichen Problems[1]) wird dabei die Spannung auf jedem Einzelleiter aus zwei willkürlichen selbständigen Spannungswellen zusammengesetzt dargestellt, während sich die Ströme aus diesem Ansatz als lineare Funktionen sämtlicher Spannungen ergeben. Die Koeffizienten dieser linearen Funktionen sind die reziproken Werte der Teilwellenwiderstände, die Teilwellenleitwerte, deren Verwendung sich bei der Berechnung praktischer Probleme als zweckmäßig erweist. Die so definierten Teilwellenwiderstände sind die Widerstandswerte, mit denen man ein Leitungsbündel abschließen müßte, um der Bedingung der Reflektionsfreiheit für beliebig anlaufende Wellen zu genügen. Die Zusammenfassung bestimmter Leitungsgruppen zu einem Ersatzleiter bei der Behandlung praktischer Probleme wird als zulässig nachgewiesen und das Verfahren zur Ermittlung der Kenngrößen für die Ersatzleiter angegeben. Für sehr viele Probleme der Praxis genügt eine weitgehende Idealisierung des Leitungsbündels mit Kennzeichnung durch nur zwei Größen, den Eigenwellenleitwert und den mittleren Kopplungswellenleitwert. Für Leitungsbündel verschiedener Leiterzahl und Leiteranordnung werden diese Kenngrößen angegeben.

Für die Behandlung von Wellenvorgängen an Inhomogenitäten des Leitungsbündels erweist sich das Überlagerungsverfahren als zweckmäßig, dessen Anwendbarkeit immer dann gegeben ist, wenn auch an Inhomogenitätsstellen (Anschlüssen von Widerständen, Induktivitäten, Kapazitäten) nur lineare Zusammenhänge zwischen den Spannungen und Strömen und ihren zeitlichen Ableitungen bestehen. Unter Benutzung des Überlagerungsverfahrens werden Reflektionsvorgänge untersucht, die an Leitungspunkten mit konzentrierten Ableitungen an verschiedenen Leitern des Bündels auftreten. Eine Reihe von Einzelfällen wird praktisch durchgerechnet, z. B. für die Frage der Isolationsbeanspruchung von Hochspannungsmasten bei Blitzeinschlägen in das Blitzseil oder ein Phasenseil. Bei Blitzeinschlag in das Erdseil wird das Gesetz für das Absinken der Beanspruchung der Mastisolation mit steigender Entfernung von der Einschlagstelle angegeben, beim Blitzeinschlag in ein Phasenseil das Gesetz für den Anstieg der Isolationsbeanspruchung mit wachsender Entfernung von der Einschlagstelle. Aus der Aufstellung der Gleichungen für einen abschnittweise mit der Hauptleitung gekoppelten Koppelleiter werden die Bedingungen für formgetreue Wiedergabe der Ursprungswelle abgeleitet bzw. wird gezeigt, welche Korrekturen an den Aufzeichnungen von Kathodenstrahl-Oszillogrammen an solchen Koppelleitern anzubringen sind, um die wahre Wellenform wiederzugeben. Eine Untersuchung über die Benutzung solcher Koppelleiter mit beiderseitiger Erdung zur Absenkung von Wanderwellen zeigt, daß eine solche Absenkung zwar eintritt, ihre geringe Höhe (etwa 6 %) den dafür erforderlichen wirtschaftlichen Aufwand aber nicht rechtfertigen würde. [H. Schwenkhagen, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 9, S. 604.]

621. 315. 62. 015. 52 **Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Überschlagspannung von Hochspannungsisolatoren.** — Schon früher, besonders gelegentlich der Frühjahrstagung 1932 des AIEE in Milwaukee, war in verschiedenen Vorträgen[2]) der Einfluß der Luftfeuchtigkeit und Luftdichte auf die Überschlagspannung von Isolatoren bei Betriebsfrequenz behandelt worden. F. D. Fielder[3]) hatte diese Meßergebnisse bald darauf durch Versuche auch bei positivem Spannungsstoß bestimmter Wellenform (1,5 | 40 µs) ergänzt. In einem neueren Aufsatz berichtet derselbe Verfasser nun über systematische Versuche, die er zur Klarstellung der nicht ganz einfachen Verhältnisse an Stab-(Spitzen-)funkenstrecken, Freileitungsisolatoren, Durchführungen und Geräteporzellan aller Art sowohl bei 60 Hz als auch bei den in Amerika vorzugsweise benutzten Stoßwellen (1 | 5 µs) und (1,5 | 40 µs) Stirn- bzw. Halbwertdauer positiver und negativer Polarität angestellt hat, um zahlenmäßige Unterlagen für die Umrechnung der Überschlagspannung auf bestimmte Luftdichte und bestimmte absolute Feuchtigkeit zu erhalten. Außerdem bieten seine Versuche einen Anhalt, innerhalb welcher Grenzen die „Trockenüberschlagspannung" der betreffenden Isolatoren unter schwankenden Witterungsbedingungen wechseln kann. Die Versuche wurden in einer besonderen Versuchskammer von etwa 4,5 m Höhe und gleichem Durchmesser ausgeführt, deren Wände bei Stoß noch keinen, bei 60 Hz nur bei Kettenisolatoren in der Nähe der Decke und über 450 kV einen spannungserniedrigenden Einfluß ausübten. Alle Werte der absoluten Luftfeuchtigkeit sind in „grains je Kubikfuß" (2,29 g/m³) angegeben, und zwar ist für den Wassergehalt der Luft der in Amerika übliche „Standardwert" von 6,5 grains/Kubikfuß (14,9 g/m³) zugrundegelegt.

Nach den Versuchen von Fielder ist nun der Einfluß der Luftfeuchtigkeit bei Betriebsfrequenz ein anderer (größerer) als bei Stoßspannung. Es mußten daher für beide Arten der elektrischen Beanspruchung ganz verschiedene Korrektionskurven aufgestellt werden, die außerdem für die einzelnen Isolatortypen ziemlich stark voneinander abweichen. So betrug beispielsweise für 60 Hz die prozentuale Spannungsänderung für 1 grain/Kubikfuß bei der Spitzen- oder Stabfunkenstrecke 2,8 %; bei Kettenisolatoren 2,0 %; bei Stützenisolatoren 2,8 %; bei Geräteisolatoren (z. B. Durchführungen mit Schutzfunkenstrecke) 2,5 % und für gewöhnliche Durchführungen etwa 1,9 %.

Außerdem gibt Fielder zum bequemeren Gebrauch für die wichtigsten Isolatortypen je eine Kurve der erforderlichen Korrektur in Prozent. Allerdings macht er hierzu selbst die Einschränkung, daß für Spannungen unter 100 kV der Feuchtigkeitseinfluß nicht so groß ist wie für höhere Spannungen. Er benötigt daher für Überschlagspannungen bis zu 100 kV noch eine weitere Korrektionskurve (eine von 0 bis 1,0 verlaufende Gerade in Abhängigkeit von der 0 bis 100 kV betragenden Überschlagspannung), mit welcher die obigen Korrektionskurvenwerte multipliziert werden müssen, um den wirklichen Korrektionsfaktor der absoluten Luftfeuchtigkeit zu erhalten. Einen Grund für dieses auffällige Verhalten kleiner Isolatoren unter 100 kV Überschlagspannung gibt Fielder nicht an. Sicher hängt dies mit den verschiedenen Entladungsformen großer und kleiner Isolatoren zusammen, worauf der Berichter schon in einer Arbeit[1]) aus dem Jahre 1909 ausführlich eingegangen war. Dort war gezeigt, daß ein starker Einfluß der Luftfeuchtigkeit nur im Gebiete der Büschelgrenzspannung, also für größere Isolatoren mit Schlagweiten über 20 bis 30 cm (entsprechend 80 bis 100 kV) vorhanden ist, während kleinere Isolatoren, besonders im Gebiete der Anfangsspannung, von der Höhe der absoluten Luftfeuchtigkeit nahezu unbeeinflußt bleiben. Für das Gebiet der Büschelgrenzspannung war für Spitzenelektroden damals bereits die Formel

$$P = 30 + (F - 6)\ (2{,}8 + 0{,}06\,q),$$

(wobei P die Spannung in kV, F die Schlagweite in cm, q die absolute Luftfeuchtigkeit in g/m³) aufgestellt worden, aus der sich, wie hier vergleichsweise bemerkt sei, die wichtigsten Ergebnisse Fielders, soweit sie sich auf Spitzenelektroden bei Betriebsfrequenz beziehen, ableiten lassen. Für zwei verschiedene Werte q_1 und q_2 der absoluten Luftfeuchtigkeit ergibt sich nämlich aus der genannten Formel:

$$P_1 = 30 + (F - 6)\ (2{,}8 + 0{,}06\,q_1)$$
$$P_2 = 30 + (F - 6)\ (2{,}8 + 0{,}06\,q_2)$$

oder durch Subtraktion

$$P_1 - P_2 = (F - 6)\ 0{,}06\ (q_1 - q_2).$$

Für eine Änderung der absoluten Luftfeuchtigkeit $q_1 - q_2$ um 1 g/m³ wird

$$P_1 - P_2 = (F - 6) \cdot 0{,}06,$$

oder prozentual bezogen auf den Wert P für $q = 6{,}5$ grain/Kubikfuß (14,9 g/m³):

$$100 \cdot \frac{P_1 - P_2}{P_{14,9}} = \frac{(F - 6) \cdot 0{,}06 \cdot 100}{30 + (F - 6) \cdot (2{,}8 + 0{,}06 \cdot 14{,}9)}.$$

[1]) K. W. Wagner, ETZ 35 (1914) S. 639, 677, 705.
[2]) Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 51 (1932) S. 669, 690 u. a.
[3]) Electr. J. 29 (1932) S. 348.

[1]) W. Wecker, Dissertation T. H. Dresden 1910, S. 63. ETZ 32 (1911) S. 436 u. 460. Vgl. auch ETZ 49 (1928) S. 1696.

Digitized by Google

d. h. für kleine Schlagweiten von $F = 6$ cm (nach Fielder erst für F bzw. $P = 0$) wird auch die prozentuale Spannungsänderung

$$100 \cdot \frac{P_1 - P_2}{P_{14,9}} = 0.$$

Für größere Schlagweiten F, denen gegenüber die Zahl 6 zu vernachlässigen ist, ist die prozentuale Spannungsänderung für eine Änderung der absoluten Luftfeuchtigkeit um 1 g/m³

$$\cong \frac{F \cdot 0{,}06 \cdot 100}{P_{14,9}},$$

also annähernd konstant, da ja bekanntlich für große Schlagweiten im Gebiete der Büschelgrenzspannung P fast proportional mit F zunimmt. Beispielsweise würde für den von Fielder erwähnten Fall einer Spitzenfunkenstrecke von 40 Zoll = 102 cm, wofür Fielder bei einer Änderung der Luftfeuchtigkeit um 1 grain/Kubikfuß (bezogen auf eine Überschlagspannung bei 6,5 grain = 14,9 g/m³) eine Spannungsänderung von 2,8 % (d. h. 1,22 % Spannungsänderung für je 1 g/m³) gefunden hatte, sich ergeben:

$$100 \cdot \frac{P_1 - P_2}{P_{14,9}} = \frac{(102 - 6) \cdot 0{,}06 \cdot 100}{30 + (102 - 6)(2{,}8 + 0{,}06 \cdot 14{,}9)} = 1{,}49\ \%.$$

Dieser Wert würde sich, gemäß der Formel, wie oben ausgeführt, für kleinere Schlagweiten immer mehr erniedrigen und bei $F = 6$ cm Null werden, während Fielder dafür über 100 kV einen konstanten Wert von 1,22 % angibt, der unter 100 kV bis auf 0 % (für $P = 0$) abnehmen soll. Die damals aufgestellte Formel und die daraus abgeleitete Änderung des Feuchtigkeitseinflusses scheint also, wie eine graphische Darstellung als Funktion von F oder P besonders anschaulich ergibt, tatsächlich das ganze Gebiet der Überschlagspannung im Gebiete der Büschelgrenzspannung auch nach den neuen Versuchen von Fielder annähernd richtig zu erfassen!

Erwähnt sei bei dieser Gelegenheit eine vor einiger Zeit erschienene Arbeit von E. Alessandri[1]), die sich auch auf den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Überschlagspannung von Isolatoren bezieht. In dieser Arbeit bringt der Verfasser u. a. Kurven der Überschlagspannung von Kettenisolatoren in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit, für die er, bezogen auf einen Wasserdampfdruck von 11 Torr (mm Hg), eine Änderung der Überschlagspannung um 1,5 bis 1,6 % für 1 Torr Luftfeuchtigkeitsänderung findet. Bezogen auf 14,9 g/m³ und Änderung um je 1 g/m³ würde dies 1,4 bis 1,5 % sein, also ebenfalls fast genau der vom Berichter für das Gebiet der Büschelgrenzspannung nach der angegebenen Formel errechnete Wert.

Der zweite Teil der Arbeit von F. D. Fielder ist der Aufstellung entsprechender Korrektionskurven auch für Stoßspannungen gewidmet. Hierbei sind nicht nur positive und negative Polarität und verschiedene Kurvenformen (1 | 5 und 1,5 | 40 µs) berücksichtigt, sondern es wurde auch der Einfluß der Luftdichte und Luftfeuchtigkeit auf die Höhe der Stoßüberschlagspannung bei verschiedener Beanspruchungsdauer (d. h. also für Mindeststoß-Überschlagspannung und dementsprechend verhältnismäßig große Beanspruchungsdauer, wie auch für eine Beanspruchungsdauer [Zeitverzug] von 6, 4 und 2 µs) untersucht. Die Stoßüberschlagspannung ändert sich dabei nicht wie die betriebsfrequente Überschlagspannung einfach proportional mit der Luftdichte, sondern bei kürzeren Zeitverzügen in geringerem Maß. (So ist bei Zeitverzügen bis herab zu 1 bis 2 µs der Einfluß der Luftdichte nur noch ¼ bis ½ so groß wie bei 8 bis 10 µs, welcher Wert bereits dem Zeitverzug bei der Mindeststoß-Überschlagspannung entspricht, für welche die Überschlagspannung wieder proportional der Luftdichte sich ändert.) Es ist also bei der Umrechnung der Stoßüberschlagspannung von Isolatoren auf einheitliche Luftverhältnisse zunächst die Luftdichte, und zwar für die beiden untersuchten Stoßwellen in etwas verschieden hohem Maße zu berücksichtigen. Sodann ist bei der Umrechnung auf gleiche Luftfeuchtigkeit zu beachten, daß deren Einfluß je nach Form und Größe der Isolatoren sowie nach der verschiedenen Polarität des Spannungsstoßes und endlich nach der Beanspruchungsdauer (2 bis 8 µs) recht verschieden ist. Beispielsweise ändert sich bei Freileitungsisolatoren für eine Änderung der Luftfeuchtigkeit um 1 grain/Kubikfuß die Überschlagspannung statt um 2,5 bis 2,8 % (wie bei 60 Hz und 8 µs, d. h. bei der Mindeststoß-Überschlagspannung) nur um 2,0 bis 2,1 % für positiven Stoß von 1,5 | 40 µs, während für eine kürzere Stoßwelle von 1 | 5 µs der Einfluß der Luftfeuchtigkeit nur etwa halb so groß ist und für beide untersuchte Stoßwellen aber kürzere Beanspruchungsdauer, als sie der Mindeststoß-Überschlagspannung entspricht, der Einfluß der Luftfeuchtigkeit jeweils noch geringer wird. Endlich gilt auch für alle Stoßspannungswerte das oben für 60 Hz Gesagte, daß nämlich unter 140 kV (entsprechend einem Effektivwert von 100 kV) der Einfluß der Luftfeuchtigkeit mit kleinerer Überschlagspannung bis 0 abnimmt. — Fielder gibt für alle diese Feststellungen genaue Übersichtstafeln und Korrektionskurven, auf die hiermit verwiesen werden soll. Eine für deutsche Verhältnisse bearbeitete übersichtliche Zusammenstellung wird demnächst an anderer Stelle vom Berichter veröffentlicht werden. [F. D. Fielder, Electr. J. 29 (1935) S. 543.] W. Weicker VDE.

[1]) Elettrotecn. 21 (1934) S. 501.

Verschiedenes.

Messehefte 1937 der ETZ.

Am 28. 2. 1937 öffnet die Große Technische Messe und Baumesse in Leipzig ihre Pforten. Die Ausstellung im Haus der Elektrotechnik wird dem deutschen und ausländischen Besucher eine Fülle von Neuerungen und von erprobten Konstruktionen zeigen. Auch die ETZ will wieder ihren Teil zur Sicherung des Erfolges beisteuern und zwei besonders sorgfältig ausgestattete Messehefte herausbringen. Wer über ein wichtiges Erzeugnis seiner Fabrikation etwas mitzuteilen wünscht, kann einen kurzen Originalbericht an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, für redaktionelle Verwertung einschicken. Berichte, die nach dem 4. 1. 1937 eingehen, können nicht mehr berücksichtigt werden.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Gemeinsame Arbeitstagung der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und des Reichsverbandes der Elektrizitätsversorgung in Berlin. Die vorgenannte Arbeitstagung wird vom 7. bis 9. 12. 1936 in Berlin stattfinden. Nach dem Zeitplan werden folgende Vorträge gehalten:

7. 12 (Mo): Marmorsaal des Zoologischen Gartens.
- 9^{00} Eröffnung, Dir. Dipl.-Ing. Zschintzsch VDE, Berlin.
- 9^{30} Kraftwerke.
- 9^{30} bis 10^{30} „Stand des Kraftwerkbaues in den V. S. Amerika unter besonderer Berücksichtigung des Hochdruckproblems". Dir. Dipl.-Ing. Ellrich, Berlin.
- 11^{15} bis 12^{15} „Die Deckung des Eigenbedarfs der Kraftwerke, insbesondere in den V. S. Amerika". Dir. Hellmich, Berlin.
- 14^{30} Elektrizitätsversorgung der Landwirtschaft.
- 14^{30} bis 15^{15} „Die wirtschaftliche Ausgestaltung ländlicher Netze". Dir. Dr.-Ing. Fischer VDE, Königsberg.
- 15^{45} bis 16^{30} „Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft". Dipl.-Ing. v. Waechter, Berlin.
- 20^{15} Abendveranstaltung mit Essen.

8. 12 (Di):
- 9^{00} Elektrowärme.
- 9^{00} bis 10^{00} „Die Deckung des Energiebedarfs im amerikanischen Haushalt". Dipl.-Ing. v. Miller VDE, München.
- 11^{00} bis 12^{00} „Tarifprobleme und internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der industriellen Elektrowärme". Dir. Ir. Bruinings, Utrecht.
- 15^{00} Organisation.
- 15^{00} bis 16^{00} „Verteilung elektrischer Energie". Dir. Dipl.-Ing. Zschintzsch VDE, Berlin.
- 17^{00} bis 18^{00} „Organisation und Regelung der Energieversorgung". Dir. Krecke, Berlin.

Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Berlin W 62, Einemstraße 1. Fernruf: B 5 Barbarossa 9681.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch gute Beleuchtung.

Von Arno Ballentin, Berlin.

621. 32. 003. 1

Übersicht. Der Verfasser will zeigen, daß sich Güte und Menge der Arbeitsergebnisse durch verbesserte Beleuchtung des Arbeitsplatzes beeinflussen und erheblich steigern lassen. Die dabei erzielten Überschüsse übersteigen die Mehrkosten der verbesserten Beleuchtung erheblich. Als Beispiele dienen: Steinkohlenbergbau, Handsetzerei, Papierfabrik und Textilindustrie.

Die Lösung der lebensnotwendigen technischen, wirtschaftlichen und sozialen Fragen unserer Zeit verlangt, daß sich Industrie, Handwerk und Gewerbe die Erkenntnisse der durch wissenschaftliche Forschung stark vorangeschrittenen Beleuchtungstechnik zunutze machen und die Beleuchtung der Arbeitsplätze im Interesse ihrer Gefolgschaft wie der Wirtschaftlichkeit der Betriebe dem Arbeitsvorgang anpassen.

Gute Beleuchtung am Arbeitsplatz ist nicht nur eine Forderung in bezug auf Schönheit und Sauberkeit, sondern vor allem auch in bezug auf Unfallverhütung und Gesundheit. Sie ist damit Vorbedingung für eine Steigerung der Leistungsfähigkeit und gute, sorgfältige Arbeit und zugleich Voraussetzung für die Arbeitsfreude und Zufriedenheit des schaffenden Menschen. Minderleistungen und vorzeitige Ermüdung, hervorgerufen durch schlechte und unzweckmäßige Beleuchtung, stellen eine unnötige Verschwendung der menschlichen Arbeitskraft dar, die im Interesse einer Erhöhung des deutschen Volksvermögens unter allen Umständen vermieden werden muß.

In welchem Umfange richtige Beleuchtung die Leistungsfähigkeit des Menschen erhöht und gleichzeitig die Verbesserung der Güte der Erzeugnisse zur Folge hat, also die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes steigert, sollen folgende Beispiele zeigen. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen, daß durch die Verbesserung der Beleuchtung nicht nur Güte und Menge der Arbeitsergebnisse wesentlich gesteigert wird, sondern daß auch die auf diese Weise gewonnenen Überschüsse die Mehrkosten der verbesserten Beleuchtung um ein Vielfaches übersteigen.

1. Ortsfeste Beleuchtung im Steinkohlenbergbau.

In dem niederschlesischen Steinkohlenbergwerk „Wenceslausgrube“ wurde die bisherige Beleuchtung unter Tage (tragbare Akkumulatorenlampen) durch ortsfeste Beleuchtung ersetzt und in einer sich über einen Zeitraum von zwei Jahren erstreckenden Untersuchung die Vorteile der neuen Beleuchtung ermittelt[1]). Man verwendete für die neue Anlage auf einer 160 m langen Strecke 40 schlagwetterfeste Grubenlampen mit Opalabschlußglocken von 150 W, die im Abstande von 4 zu 4 m an der Zimmerung aufgehängt und mit Labyrinthsteckern an 2 m langen Kabeln an das Zuleitungskabel angeschlossen wurden. Während nun bei der alten Beleuchtung die Arbeitsstätte vor Ort im allgemeinen im Dunkeln lag, wies die Strecke bei der neuen Beleuchtung (im Mittel von 20 Lx) die Helligkeit einer mäßig beleuchteten Straße auf. Es stellte sich heraus, daß infolge der dadurch gesteigerten Arbeitsfreudigkeit der Bergleute und der größeren Leistungsfähigkeit ihrer Augen die Förderleistung je Mann und Schicht um rd. 25 % stieg. Gleichzeitig verringerte sich der Bergegehalt der Kohle von durchschnittlich 9,5 auf 4,5 % und die Zahl der Unfälle auf ungefähr die Hälfte. Die Kosten der ortsfesten Beleuchtung, deren Lichtstärke die der tragbaren Akkumulatorenlampen um das 100fache übertraf, stieg von 4,8 Rpf/t geförderte Kohle auf rund 10 Rpf/t. Da die Belegschaft infolge der besseren Beleuchtung erheblich verstärkt werden konnte, ließ sich auch die Zahl der Abbaustellen entsprechend vermindern. Das führte zu einer Verdichtung des Betriebes und somit zu einer besseren Ausnutzung der Förderanlagen und Maschinen.

[1]) A. Gaertner u. L. Schneider, Elektr. im Bergb. 4 (1929) H. 12.

Der Versuch auf der Wenceslausgrube wie auch die zahlreichen, inzwischen eingerichteten ortsfesten Beleuchtungsanlagen beweisen, daß die Leistungsfähigkeit des Steinkohlenbergbaues durch lichttechnisch und lichtwirtschaftlich richtige Ausgestaltung der Beleuchtung erheblich gehoben werden kann (Abb. 1). Gleichzeitig wird die

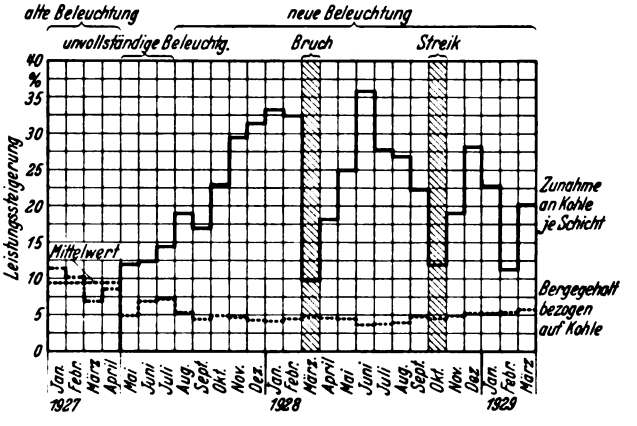


Abb. 1. Einfluß der Beleuchtung auf die Leistung in einer Grube.

Gefährlichkeit des „rauhen“ Betriebes vermindert und die Einführung maschineller Abbauverfahren ermöglicht. Die mit der verbesserten Beleuchtung verbundenen überraschend geringen Mehrkosten von 5 Rpf/t, worin auch die Abschreibung der Anlage einbegriffen ist, widerlegt die Behauptung, daß die neuzeitliche Beleuchtung „zu teuer“ sei.

Ähnliche Untersuchungen über die Abhängigkeit der Güte und Schnelligkeit der Bergauslesung von der Beleuchtung wurden in verschiedenen Ruhrzechen vorgenommen[2]). Einer dieser Versuche, die Körfer bei verschiedenen Beleuchtungsstärken von 0,064 Lx bis 175 Lx anstellte, ergab eine rasche Zunahme der Auslesegeschwindigkeit bis zu Beleuchtungsstärken von etwa 20 Lx. Das Ergebnis führte zu dem Schluß, daß für den Hauer unter Tage mindestens Beleuchtungsstärken von 20 Lx notwendig sind, um nach Möglichkeit zu vermeiden, daß die Berge, die zum Versatz der abgebauten Räume benutzt werden, nicht erst über Tag und dann wieder unter Tag befördert werden müssen.

Eine wirklich entscheidende Verbesserung der Beleuchtung der Lesebänder über Tage ist erst in letzter Zeit durch Quecksilber-Hochdrucklampen erzielt worden[3]). Diese haben sich bereits im größeren Umfange zur Beleuchtung von Siebereien im Steinkohlenbergbau eingebürgert und sich neuerdings auch für Lesebänder im Erzbergbau als sehr vorteilhaft erwiesen. Der Vorteil dieser Lampen liegt, abgesehen von der gegenüber den gewöhnlichen Glühlampen 2½mal so hohen Lichtausbeute, in ihrer besonderen Farbigkeit, so daß man unter dem stark grünlichen Quecksilberlicht das Nebengestein von dem eigentlichen Fördergut (Kohle oder Erz) besser unterscheiden kann.

Weitere Untersuchungen im Ruhrbergbau galten dem Einfluß der ortsfesten Beleuchtung auf die Zahl der Unfälle[4]). Tatsächlich war auch hier ein durchschnittlicher Rückgang der Unfälle auf die Hälfte festzustellen, und zwar auf der Zeche Minister Stein von 81 auf 41 in einem bestimmten Zeitraum. Bezogen auf 10 000 t geförderte Kohle ereigneten sich bei tragbarer Beleuchtung 1,36, bei ortsfester Beleuchtung dagegen nur 0,7 Unfälle.

[2]) Licht 1 (1931) S. 112.
[3]) W. Kircher, ETZ 57 (1936) H. 36, S. 1034.
[4]) H. Hiepe, Licht 2 (1932) S. 83.

Digitized by Google

2. Leistungssteigerung in einer Handsetzerei durch gute Beleuchtung.

Nach einer vom Department of Scientific and Industrial Research, London, angestellten Untersuchung[5]) über den Einfluß der Beleuchtung auf die Leistung in Handsetzereien, die den Zusammenhang zwischen Beleuchtung und der Leistungsfähigkeit des Setzers klärt, kommt man unter Berücksichtigung deutscher Verhältnisse zu dem Ergebnis in Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

	bei Tageslicht	bei künstlicher Beleuchtung (in Lx)		
		300	100	20
Setzleistung je Stunde in Lettern	1621	1634	1460	1250
Leistungsfähigkeit des Setzers in Prozent	100	100	90	77
Arbeitszeit zum Setzen von 1620 Lettern (min)	60	60	67	78
Lohnkosten*) für das Setzen von 1620 Lettern in RM	1,15	1,15	1,274	1,475
Beleuchtungskosten**) für das Setzen von 1620 Lettern in RM	—	0,045	0,016	0,004
Beleuchtungskosten und Lohnkosten für das Setzen von 1620 Lettern in RM	1,15	1,20	1,29	1,50

*) Stundenlohn 1,15 RM.
**) 1 kWh 20 Rpf.

Aus der Zahlentafel 1 geht hervor, daß der Setzer bei einer künstlichen Beleuchtung von 300 Lx ungefähr die gleiche Leistung wie bei Tageslicht erzielt. Sie geht dagegen bei 100 Lx bereits erheblich und bei 20 Lx sogar sehr schnell zurück. Gleichzeitig nehmen auch die Satzfehler bei unzureichender Beleuchtungsstärke zu. Obgleich diese Satzfehler zu ihrer Behebung zusätzliche Arbeit erfordern, also das Arbeitsergebnis ungünstig beeinflussen, soll diese Tatsache wegen Vereinfachung der Rechnung hier außer Betracht bleiben. Trotzdem ist ersichtlich, daß die Setzleistung lediglich bei ausreichender Beleuchtung von 300 Lx die bei Tageslicht erzielte Setzleistung erreicht. Bei ungenügender Beleuchtung braucht dagegen der Setzer erheblich mehr Zeit, um eine bestimmte Anzahl von Lettern zu setzen. Das wirkt sich natürlich auch in den Lohnkosten aus, die sich bei ungenügender Beleuchtung entsprechend erhöhen.

Rechnet man nun den Lohnkosten, die für das Setzen von 1620 Lettern aufzuwenden sind, die Beleuchtungskosten (der verschiedenen Beleuchtungsstärken) hinzu, so ergibt sich, daß die gute Beleuchtung von 300 Lx, gemessen am Arbeitsertrag, billiger ist als ungenügende Beleuchtung, und zwar um 9 Rpf gegenüber 100 Lx und um 30 Rpf gegenüber 20 Lx. Die Beleuchtungskosten sind zwar bei ungenügender Beleuchtung etwas niedriger, die Aufwendungen für Löhne dagegen für die gleiche Arbeitsmenge unverhältnismäßig höher. Selbst bei einem höheren Strompreis als von 20 Rpf/kWh, wie er unserem Beispiel zugrunde gelegt ist, stellt sich eine gute Beleuchtung noch erheblich billiger als niedrigere Beleuchtungsstärken. Dieses Ergebnis verändert sich auch unter Einbeziehung der Verzinsungs- und Abschreibungskosten für die Beleuchtungsanlage kaum nennenswert. Bei einer Abschreibung von 33⅓ % und einem Zinssatz von 6 % stellen sich die Unkosten der Beleuchtungsanlage bei 300 Lx auf 3 Rpf je Setzer-Beleuchtungsstunde, bei 100 Lx auf 2½ Rpf und für eine veraltete Anlage auf 1 Rpf.

3. Blendungsvermeidung in einer Papierfabrik.

Ein interessantes und überaus lehrreiches Beispiel für die Notwendigkeit der Blendungsvermeidung liefert eine Untersuchung, die in einer norwegischen Papierfabrik zu dem Zweck vorgenommen wurde, den Einfluß der Blendung auf die Sortiergeschwindigkeit festzustellen[6]). Da das Unternehmen im wesentlichen nur gute Ware herstellt und der Preis in hohem Maße von der Gleichmäßigkeit des Papiers abhängt, muß dieses sortiert und jeder einzelne Bogen genau geprüft werden. Die Sortierarbeit ging während der Wintermonate zu einem erheblichen Teil bei künstlicher Beleuchtung vor sich, wobei 300 W-Lampen ohne Schirm verwendet wurden. Die Folge war, daß die Sortiererinnen lästiger Blendung ausgesetzt waren. Die Betriebsleitung nahm daher Versuche mit einer Reihe verschiedener Leuchten und Aufhängearten vor und entschloß sich, Leuchten zu verwenden, deren obere Hälfte aus Trübglas und unten aus seidenmattiertem Glas bestand.

Um nun den Einfluß der neuen Lampen auf die Leistungsfähigkeit der menschlichen Arbeitskraft nachzuprüfen, wurden sechs tüchtige Sortiererinnen ausgewählt, die eine Stunde bei gutem Tageslicht, eine weitere bei der alten und eine dritte Stunde bei der neuen Beleuchtung sortierten. Die Vergleichsversuche führten zu dem in Zahlentafel 2 gebrachten Ergebnis.

Zahlentafel 2.

	Tageslicht	künstliche Beleuchtung	
		blendend	nicht blendend
Ries	67	72	80
Zeit in Minuten	360	445	405
Bogen je Minute	26,8	23,3	28,4
Zahl der Fehler	6	41	5

Vergleicht man zunächst die Ergebnisse bei Tageslicht und bei der alten blendenden Beleuchtung, so ist bei letzterer ein Ausfall gegenüber der Tageslichtbeleuchtung von 15 % festzustellen. Dagegen weist das Vergleichsergebnis zwischen der Tageslicht- und der neuen, nicht blendenden Beleuchtung sogar eine um 5 % höhere Erzeugung zugunsten der letzteren auf. Die Leistungssteigerung der neuen gegenüber der alten Beleuchtung beträgt also volle 21 %. Gütemäßig gesehen, entfielen bei der alten Beleuchtung 41 Fehler auf 72 Ries, bei der neuen dagegen nur 5 Fehler auf 80 Ries. Diese Verbesserung kommt einer Steigerung in der Erzeugung gleich. Die Verbesserung der Beleuchtung übte auch auf das körperliche Wohlbefinden der Arbeiterinnen einen überaus günstigen Einfluß aus.

4. Bedeutung guter Beleuchtung für die Textilindustrie.

Schwierig ist die Beleuchtung in Textilfabriken, und zwar wegen der Feinheit und der reflektierenden Eigenschaften der verarbeiteten Rohstoffe. Durch Untersuchungen ermittelte man, daß für Textilbetriebe, die hauptsächlich matte Fäden, wie Wolle, Baumwolle und Flachs verarbeiten, sich am besten eine einseitige und stark gerichtete Beleuchtung eignet (Abb. 2). Betriebsuntersuchungen, die an mit der neuen Beleuchtung ausgestatteten Webstühlen vorgenommen wurden, ergaben, daß mit zunehmender Beleuchtungsstärke auch die Arbeitsgeschwindigkeit an den Webstühlen und damit auch die Arbeitsleistung der Weber bei Beleuchtungsstärken von 2000 Lx um 50 bis 60 % stieg.

Abb. 2. Lichttechnisch einwandfreie zweckmäßige Beleuchtung in einer Weberei.

Die Erklärung hierfür ist folgende: Die Fehler, die bei der Weberei nur schwer zu vermeiden sind, konnten bei der besseren Beleuchtung rechtzeitig erkannt und in vielen Fällen auch verhütet werden. Infolgedessen verkürzte sich auch die Stillstandszeit, die zur Behebung der Fehler notwendig war, erheblich, so daß sich der Wir-

[5]) Kircher u. L. Schneider, Licht 1 (1930) S. 7.
[6]) N. Kolbenstvedt, Licht 1 (1931) S. 121.

Digitized by Google

kungsgrad der Webstühle von etwa 71 auf 82 % erhöhte. Da die Verhütung der Fehler mit einer Güteverbesserung verbunden ist, bedeutet die Erhöhung des Wirkungsgrades der Webstühle eine Steigerung der Erzeugung, und zwar bei gleicher Arbeitszeit und gleicher Maschinenzahl. Ein Vergleich der festen Kosten mit dem Mehraufwand, der für die Einrichtung der neuen Beleuchtungsanlage und ihren Betrieb erforderlich war, ergab folgendes Bild: Unter Berücksichtigung der üblichen Verzinsungs- und Abschreibungssätze und Benutzung einer Beleuchtungsstärke von 600 Lx — dies entspricht einem Aufwand von etwa 300 W je Webstuhl — wurde ein höchster Überschuß der Einnahmen über die Ausgaben von rund 4 bis 6 Rpf je Webstuhl und Arbeitsstunde erzielt. Es konnte also trotz einer Verdreifachung des Stromaufwandes bei lichttechnisch richtiger Ausgestaltung der Beleuchtung nicht nur die Erzeugung und der Verdienst der Arbeiter erhöht, sondern infolge Senkung der festen Kosten auch noch ein Überschuß erzielt werden.

Diese aufschlußreichen Ergebnisse veranlaßten auch eine der größten Jutewebereien, in ihrem Werk eine Betriebsuntersuchung[7]) über die Beleuchtungsverhältnisse durchzuführen. Da beim Weben von Jute — im Gegensatz zu Wolle, Baumwolle und Flachs — Webfehler und Fadenbrüche nur eine untergeordnete Rolle spielen, war man sich von vornherein darüber im klaren, daß sich eine Verbesserung der Sehbedingungen auf die Leistungssteigerung weniger durch Fehlervermeidung als durch Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit auswirken würde. Außerdem brauchte man die bisherige Beleuchtungsstärke von 60 W je Webstuhl bei der wesentlich kleineren Arbeitsfläche der Webstühle und der größeren Stärke der Jutefäden lediglich auf 150 W zu steigern. Bei den Versuchen, die im hellen Sommermonat August begannen und bis zum März des folgenden Jahres fortgesetzt wurden, lief nun ein Teil der Webstühle mit der alten und ein Teil mit der neuen Beleuchtung. Dabei stellte sich nach Einschalten der künstlichen Beleuchtung heraus, daß die durchschnittliche Tagesleistung der Webstühle, die bei Tageslicht 15,5 m betragen hatte, bei der bisherigen ungenügenden Beleuchtung auf 15,1 m absank, während sie bei der verbesserten Beleuchtung auf einen Tagesdurchschnitt von 15,8 m anstieg (Abb. 3). Umgerechnet auf die Arbeitszeit, in der das Tageslicht nicht mehr ausreichte und daher die künstliche Beleuchtung eingeschaltet werden mußte, ergab sich bei der verbesserten Beleuchtung eine Leistungssteigerung von über 13 %. Das bedeutet unter Berücksichtigung der Anschaffungskosten der neuen Beleuchtungsanlage von 44 RM je Webstuhl zuzüglich der Strom- und Lampenersatzkosten bei einer jährlichen Benutzungsdauer der Beleuchtungsanlage von 315 Std., 2,90 RM je Webstuhl (Strompreis: 6 Rpf/kWh) eine Ersparnis von rd. 28 000 RM (35 000 RM Rohersparnis abzüglich 7333 RM Mehrkosten). Dieses Ergebnis ist um so bemerkenswerter, weil die gesamte Anlage einschließlich

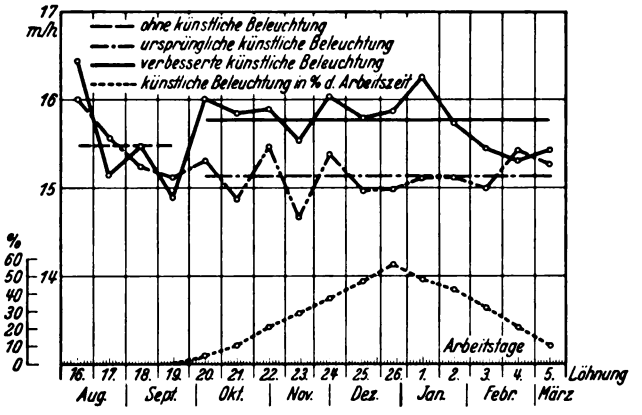


Abb. 3. Leistungssteigerung durch gute Beleuchtung in einer Juteweberei.

der Mehrkosten bereits im Laufe eines Jahres abgeschrieben werden konnten. Die Anlage hat sich damit also bereits in einem Jahre bezahlt gemacht.

Zusammenfassung.

Aus den angeführten Beispielen geht hervor, daß die Wirtschaftlichkeit einer Beleuchtungsanlage nicht nur von ihren Einrichtungs- und Betriebskosten, sondern auch von dem durch die Beleuchtung beeinflußten Betriebsergebnis abhängt. Bei schlechter oder ungenügender Beleuchtung ist zur Erledigung einer bestimmten Arbeitsmenge infolge der verringerten Leistungsfähigkeit des Auges stets eine längere Arbeitszeit erforderlich als bei guter Beleuchtung. Dieser Mehraufwand an Arbeitszeit kostet in der Regel mehr als die scheinbaren Ersparnisse, die durch Nichtbeschaffung zweckmäßiger Leuchtgeräte oder geringere Beleuchtungsstärken erzielt werden. Darüber hinaus steigert die gute Beleuchtung aber auch die Freude und die Stimmung des schaffenden Menschen bei der Arbeit und trägt dazu bei, seine Arbeitsstätte zu verschönen, Vorteile, die allerdings zahlenmäßig nur schwer erfaßbar sind.

[7]) Licht 1 (1931) S. 344.

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Deutscher Elektro-Außenhandel Januar—September 1936. — Die deutsche Elektro-Ausfuhr betrug Januar—September 1936 189,9 Mill RM und liegt damit 23 Mill RM oder 13,7 % über dem Ausfuhrergebnis des Vorjahres. Von den einzelnen Warengruppen (Zahlentafel 1) hat die Mehrzahl an dieser Entwicklung teilgenommen. Eine Ausnahme bilden vor allem Glühlampen, Isolierrohre, Porzellanisolatoren, bei denen das Ausfuhrergebnis des Vorjahres nicht erreicht wurde, während u. a. bei Maschinen, Kabeln und Drähten, Sicherungs- und Signalapparaten, galvanischen Elementen und Staubsaugern Ausfuhrzunahmen von 20 % und mehr, bei Koch- und Heizapparaten, Elektromedizin, Magnetzündapparaten und Automobilzubehör, Kohle für die Elektrotechnik, Meß- und Zählvorrichtungen, Akkumulatoren sowie der Sammelposition der nicht besonders benannten Apparate Zunahmen von 10 bis 16 % erzielt wurden. Weniger als 10 % betrug die Steigerung bei Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht.

Die Betrachtung der geographischen Verteilung der deutschen Elektroausfuhr (Zahlentafel 2) zeigt nach wie vor ein stärkeres Steigen der deutschen Ausfuhr nach Übersee (+ 25,2 % gegenüber Januar—September 1935) als nach Europa (+ 10,3 %). In Europa haben den Bezug deutscher Elektroerzeugnisse gegenüber Januar—September 1935 eingeschränkt Niederlande, Italien, Schweiz, Bulgarien, Belgien-Luxemburg, Frankreich, Spanien, Portugal, Irischer Freistaat und Litauen. Nach den übrigen europäischen Gebieten stieg die Ausfuhr, und zwar im allgemeinen um wenigstens 10 %; nach einer Reihe von Ländern konnten weit höhere Ausfuhrzunahmen erzielt werden, so nach der UdSSR. um 326 %, nach Ungarn, Rumänien und Jugoslawien um mehr als 80 %, nach Estland, Finnland, Griechenland und der Tschechoslowakei um mehr als 30 %. Von den überseeischen Ländern haben außer Palästina, Türkei, Japan, Kanada und den Kanarischen Inseln alle Gebiete ihren Bezug an deutschen Elektroerzeugnissen gehalten und gesteigert, z. T. weit über das Ausmaß der Gesamtsteigerung von 25 % hinaus.

Zahlentafel 3. Deutsche Elektro-Einfuhr nach Ländern.

Herkunftsländer[1])	Januar—September			Anteil a. d. Gesamt-Elektro-Ausfuhr Januar—September		
	1934	1935	1936	1934	1935	1936
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Ungarn	2 108	2 259	2 793	10,9	14,3	21,4
Niederlande	5 585	5 349	2 775	28,8	33,7	21,3
Schweiz	1 936	1 524	1 619	10,0	9,6	12,5
Belgien-Luxemburg	1 063	757	1 176	5,5	4,8	9,0
Österreich	1 279	1 123	1 079	6,6	7,1	8,3
Großbritannien	736	496	721	3,8	3,1	5,6
Frankreich	657	563	447	3,4	3,6	3,4
Dänemark	549	522	427	2,8	3,3	3,3
Tschechoslowakei	1 000	470	387	5,2	3,0	3,0
Schweden	554	398	385	2,8	2,5	3,0
V. S. Amerika	1 424	929	245	7,3	5,9	1,9
Italien	331	289	218	1,7	1,8	1,7
Norwegen	186	199	147	1,0	1,2	1,1
sonstige Länder	[2]) 1 993	[2]) 971	584	10,2	6,1	4,5
insgesamt	19 401	15 849	13 003	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr Januar—September 1936.
[2]) Einschl. der Einfuhr aus dem Saarland.

Digitized by Google

Zahlentafel 1. Deutscher Elektro-Außenhandel nach Warengruppen.

Pos.	Gegenstand	Ausfuhr Januar—September 1934 1000 RM	1935 1000 RM	1936 1000 RM	Anteil an der Gesamt-Elektro-Ausfuhr Jan.—Sept. 1934 %	1935 %	1936 %	Einfuhr Januar—September 1934 1000 RM	1935 1000 RM	1936 1000 RM	Anteil an der Gesamt-Elektro-Einfuhr Jan.—Sept. 1934 %	1935 %	1936 %
907 a	Lichtmasch., Lichtzündmasch. usw.	3 411	2 054	2 236	2,1	1,2	1,2	48	40	25	0,2	0,3	0,2
b—g	Elektr. Maschinen	16 093	17 642	21 210	10,0	10,6	11,2	2 748	1 425	1 053	14,2	9,0	8,1
h	Anker, Kollektoren[1])	1 854	1 760	2 093	1,2	1,1	1,1	62	112	38	0,3	0,7	0,3
	zusammen Maschinen	*21 358*	*21 456*	*25 539*	*13,3*	*12,9*	*13,5*	*2 858*	*1 577*	*1 116*	*14,7*	*10,0*	*8,6*
908 a, b	Akkumulatoren	1 741	1 979	2 273	1,1	1,2	1,2	188	153	26	0,9	0,9	0,2
909	Kabel	8 531	8 698	11 490	5,3	5,2	6,0	649	662	759	3,3	4,2	5,8
890 a	Isolierter Draht für die Elektrotechnik	6 974	8 363	9 957	4,3	5,0	5,2	669	192	352	3,5	1,2	2,7
	zusammen Kabel u. Draht	*15 505*	*17 061*	*21 447*	*9,6*	*10,2*	*11,2*	*1 318*	*854*	*1111*	*6,8*	*5,4*	*8,5*
910 a—c	Bogenlampen, Scheinwerfer usw.	802	790	324	0,5	0,5	0,2	180	75	24	0,9	0,5	0,2
911 a, b	Glühlampen	6 606	6 707	6 403	4,1	4,0	3,4	2 926	2 837	3 209	15,1	17,9	24,7
912 A 1, 2	Telegraphie und Telephonie mit Draht	8 372	11 324	11 807	5,2	6,8	6,2	375	326	233	1,9	2,1	1,8
A 3	Drahtlose Telegraphie und Telephonie	17 105	16 510	17 714	10,7	9 9	9,3	5 472	5 190	3 368	28,2	32,7	25,9
A 4	Meß-, Zähl- u. Registriervorrichtungen	13 182	14 100	15 840	8,2	8,4	8,3	1 140	719	912	5,9	4,5	7,0
B, C	Koch- u. Heizapparate einschl. Bügeleisen	5 064	5 013	5 559	3,2	3,0	2,9	214	143	105	1,1	0,9	0,8
D	Röntgenröhren	2 538	2 153	2 248	1,6	1,3	1,2	285	168	260	1,5	1,1	2,0
E	Magnetzündapparate usw., Zubehör für Motorfahrzeuge	7 590	7 118	8 281	4,7	4,3	4,4	408	322	158	2,1	2,0	1,2
F 1	Sicherungs- u. Signalapparate, Läutewerke	2 679	2 776	4 340	1,7	1,7	2,3	128	63	36	0,7	0,4	0,3
F 2	Schaltapparate, nicht bes. benannte Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung usw.	36 228	38 184	43 004	22,6	22,9	22,7	2457	2 323	1 533	12,6	14,7	11,8
F 3	Elektromedizin	6 375	8 115	9 159	4,0	4,8	4,8	521	390	404	2,7	2,5	3,1
F 4	Galvanische Elemente	1 208	1 278	1 685	0,7	0,8	0,9	17	8	11	0,1	0,0	0,1
F 5	Isolationsgegenstände aus Porzellan[2])	.	.	.	.	.	.	19	4	—	0,1	0,0	—
F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Glimmer usw.	257	181	198	0,2	0,1	0,1	1	1	—	0,0	0,0	—
F 7	Isolierröhren f. el. Leitungen aus Papier oder Pappe, auch in Verb. mit unedlem Metall (Bergmannrohr)[3])	769	953	902	0,5	0,6	0,5	.	.	.	.	.	.
648 a—e	Kohle für die Elektrotechnik	7 691	6 476	7 588	4,8	3,9	4,0	398	237	199	2,1	1,5	1,5
733 a	Porzellanisolatoren	1 442	1 316	1 291	0,9	0,8	0,7	—	—	—	—	—	—
906 D 15	Staubsauger	2 575	1 758	2 433	1,6	1,0	1,3	424	433	280	2,2	2,7	2,2
915 b 4	Elektrokarren[3])	43	88	278	0,0	0,0	0,1	.	.	.	.	.	.
795 a, b 799 f	Anderes Isolierrohr (Stahl-, Peschel-, Schlitzrohr[3])	1 326	1 581	1 523	0,8	0,9	0,8	.	.	.	.	.	.
783 c, 799 c	Teile von Masch. u. Erzeugn. d. Nr. 907 a bis 911 b aus schmiedbarem u. nicht schmiedbarem Guß[3])	.	.	.	.	.	.	72	26	18	0,4	0,2	0,1
	Unvollständig angemeldet	18	20	19	0,0	0,0	0,0	—	—	—	—	—	—
	insgesamt	**160 474**	**166 937**	**189 855**	**100**	**100**	**100**	**19 401**	**15 849**	**13 003**	**100**	**100**	**100**

[1]) Ausfuhr: auch andere Teile. — [2]) Nur für die Einfuhr. — [3]) Nur für die Ausfuhr.

Zahlentafel 2. Deutsche Elektro-Ausfuhr Januar—September 1936 nach Ländern.

Absatzländer	Januar—September 1934 1000RM	1935 1000RM	1936 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektro-Ausfuhr Januar—September 1934 %	1935 %	1936 %
Europa	129 507	128 176	141 334	80,8	76,8	74,4
Afrika	3 234	4 685	5 810	2,0	2,8	3,1
Asien	12 222	16 198	19 705	7,6	9,7	10,4
Nord- u. Mittelamerika	2 181	3 303	3 951	1,3	2,0	2,1
Südamerika	12 635	13 536	17 511	7,9	8,1	9,2
Australien	675	1 019	1 524	0,4	0,6	0,8
nicht ermittelt	20	17	20	0,0	0,0	0,0
insgesamt	**160 474**	**166 934**	**189 855**	**100**	**100**	**100**
nach wichtigen Ländern in Europa[1]):						
Niederlande	21 830	20 057	17 595	13,6	12,0	9,3
Schweden	11 124	13 771	16 023	6,9	8,2	8,4
Italien	11 886	11 721	10 316	7,4	7,0	5,4
Frankreich	12 793	9 851	9 519	8,0	5,9	5,0
Großbritannien	7 832	8 432	9 261	4,9	5,1	4,9
Belgien-Luxemburg	8 712	7 913	7 702	5,4	4,8	4,1
Schweiz	8 494	7 128	6 361	5,3	4,3	3,3
Norwegen	4 473	5 542	6 295	2,8	3,3	3,3
U d SSR.	5 092	1 455	6 195	3,2	0,9	3,3
Tschechoslowakei	4 288	4 069	5 387	2,7	2,4	2,8
Spanien	4 780	5 378	5 317	3,0	3,2	2,8
Finnland	2 653	3 564	5 291	1,6	2,1	2,8
Österreich	3 527	4 425	5 033	2,2	2,7	2,6
Dänemark	4 680	4 307	4 882	2,9	2,6	2,6
Rumänien	1 849	2 563	4 841	1,2	1,5	2,5
Griechenland	1 585	2 741	3 759	1,0	1,7	2,0
Polen-Danzig	2 372	3 143	3 541	1,5	1,9	1,9
Jugoslawien	1 069	1 582	2 850	0,7	0,9	1,5
Ungarn	850	1 318	2 569	0,5	0,8	1,4
Bulgarien	663	2 531	2 305	0,4	1,5	1,2
Portugal	1 663	1 910	1 855	1,0	1,1	1,0
Irischer Freistaat	1 438	1 733	1 663	0,9	1,0	0,9
Lettland	783	1 012	1 102	0,5	0,6	0,6
Estland	407	605	978	0,3	0,4	0,5
Litauen	580	358	284	0,4	0,2	0,1
Island	166	248	261	0,1	0,2	0,1
sonst. europ. Länder	[2]) 3 918	[2]) 819	149	2,4	0,5	0,1
zus. Europa	**129 507**	**128 176**	**141 334**	**80,8**	**76,8**	**74,4**

[1]) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1936.
[2]) Einschl. Ausfuhr nach dem Saarland.

Absatzländer	Januar—September 1934 1000RM	1935 1000RM	1936 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektro-Ausfuhr Januar—Dezember 1934 %	1935 %	1936 %
nach wichtigen Ländern in Übersee[1]):						
Argentinien	7 376	5 874	6 914	4,6	3,5	3,6
Brit.-Indien	2 812	3 610	4 870	1,7	2,2	2,6
Brasilien	2 349	3 891	4 445	1,5	2,3	2,3
China	2 755	3 793	4 036	1,7	2,3	2,1
Brit.-Südafrika	1 466	2 086	2 927	0,9	1,3	1,5
Türkei	2 078	2 518	2 444	1,3	1,5	1,3
Niederl.-Indien	1 385	1 653	2 389	0,8	1,0	1,3
Japan	1 609	2 413	2 201	1,0	1,4	1,2
Chile	408	1 441	2 091	0,2	0,9	1,1
Iran	439	665	1 830	0,3	0,4	0,9
V. S. Amerika	1 114	1 280	1 733	0,7	0,8	0,9
Ägypten	928	1 611	1 630	0,6	0,9	0,9
Mexiko	666	1 340	1 489	0,4	0,8	0,8
Austral. Bund	605	938	1 424	0,4	0,6	0,7
Peru	208	460	1 300	0,1	0,3	0,7
Uruguay	1 637	1 004	1 255	1,0	0,6	0,7
Columbien	392	499	787	0,2	0,3	0,4
Palästina	625	774	697	0,4	0,5	0,4
Franz. Marokko	269	286	363	0,2	0,2	0,2
Venezuela	196	206	344	0,1	0,1	0,2
Ecuador	32	61	244	0,0	0,0	0,1
Port.-Ostafrika	33	38	204	0,0	0,0	0,1
Syrien-Libanon	109	202	203	0,1	0,1	0,1
Brit.-Malaya	49	85	183	0,0	0,1	0,1
Siam	83	110	180	0,1	0,0	0,1
Guatemala	43	126	141	0,0	0,1	0,1
sonst. überseeische Ld.	1 301	1 794	2 197	0,9	1,0	1,2
zus. Übersee	**30 967**	**38 758**	**48 521**	**19,2**	**23,2**	**25,6**

[1]) Geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1936.

Die deutsche Elektro-Einfuhr (Zahlentafel 1 und 3) betrug Januar—September 1936 13 Mill RM gegenüber 15,8 Mill RM im gleichen Zeitraum des Vorjahres. Hauptwarengruppen waren Glühlampen und Kabel und isolierte Drähte mit steigendem, drahtlose Telegraphie und Telephonie, Vorrichtungen für Beleuchtung und Kraftübertragung sowie Maschinen mit zurückgehendem Anteil an der Gesamteinfuhr, die sie zu 80 % bestreiten. Hauptlieferländer waren Ungarn, Niederlande, Schweiz mit über 55 % Anteil an der Einfuhr.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachungen.

Ausschuß für Errichtungsvorschriften I.

Der Ausschuß hat unter Berücksichtigung der Notwendigkeit, durch bessere Ausnutzung der festverlegten Kupferleitungen in Installationsanlagen Kupfererspärnisse zu erzielen, beschlossen, der Regel 8 in § 14 von VDE 0100/1934 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1." folgende neue Fassung zu geben:

„8. Die gemeinsame Sicherung mehrerer Verteilungsleitungen (Beleuchtungsstromkreise) in Gebäuden soll nicht mehr als 10 A Nennstrom haben. Enthalten solche Stromkreise festverlegte Leitungen von kleinerem Querschnitt als 1,5 mm², so darf die gemeinsame Sicherung nicht mehr als 6 A Nennstrom haben. Bei Verteilungsleitungen, die nur zu Glühlampen mit Lampensockeln E 40 (Goliath-Sockel) führen, kann die gemeinsame Sicherung bis zu 25 A Nennstrom haben."

Diese Änderung ist vom Vorsitzenden des VDE im November 1936 genehmigt und tritt mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Ausschuß für Freileitungen.

Der Ausschuß für Freileitungen hat in ETZ 57 (1936) S. 427 einen Entwurf zu Änderungen an

VDE 0210/1934 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F."

veröffentlicht. Auf Grund der Durchberatung der eingegangenen Einsprüche erhalten die Änderungen an VDE 0210/1934 nachstehenden Wortlaut.

Dieser endgültige Wortlaut wurde durch den Vorsitzenden des VDE im November 1936 genehmigt und tritt am 1. Januar 1937 in Kraft.

Ferner ist der in ETZ 57 (1936) S. 429 veröffentlichte Entwurf zu Änderungen an

VDE 0215/1927 „Merkblatt über die Zerstörung von Holzmasten durch Käferlarven"

von dem Vorsitzenden des VDE im November 1936 genehmigt worden; diese Änderung tritt in der unveränderten Fassung des Entwurfs am 1. Januar 1937 in Kraft.

Verband deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Ausschuß für Freileitungen.

Änderungen an

VDE 0210/1934

Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F.

(Gültig ab 1. Januar 1937.)

I. Gültigkeit.

§ 2.

Geltungsbereich.

Gegenüber dem Entwurf unverändert.

III. Freileitungen für Nennspannungen von 1 kV und darüber.

A. Leitungen.

§ 4.

Schutz gegen Berührung. Abstände von Gebäuden.

Die neue Vorschrift k) erhält folgenden Wortlaut:

„k) Wenn mehrere Stromkreise auf gemeinsamem Gestänge liegen, sind diese verschiedenen Stromkreise durch deutlich erkennbare Unterscheidungsmerkmale (Zahlen, Zeichen, Farben oder dgl.) zu kennzeichnen."

§ 6.

Beschaffenheit der Leitungsdrähte und Leitungsseile. Mindestquerschnitte.

Gegenüber dem Entwurf unverändert.

§ 7.

Zulässige Zugspannungen.

In der Vorschrift a) wird zwischen „Aluminiumseilen" und „Stahlaluminiumseilen" eingefügt:

„Aldrey-Seilen . . . . . 12 kg/mm²."

Tafel I gegenüber dem Entwurf unverändert.

§ 8.

Durchhang.

Gegenüber dem Entwurf unverändert.

§ 9.

Anordnung der Leitungen am Gestänge.

Gegenüber dem Entwurf unverändert.

C. Gestänge.

3. Stahlmaste.

§ 24.

Zulässige Spannungen.

Die Vorschrift g) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„g) Bei nahtlosen Stahlrohrmasten mit einer Werkstoffestigkeit von mindestens 5500 kg/cm² darf die Zug- und Biegungsspannung σ_{zul} für die Normalbelastung nach Tafel III, Spalte 2, 2200 kg/cm² nicht überschreiten.

Bei der Berechnung nach § 17 c) darf die zulässige Zug- und Biegungsspannung σ_{zul} 2600 kg/cm² nicht überschreiten.

Die Berechnung der Druckstäbe erfolgt nach b), c) und e).

Die Werte für ω sind der für Baustahl St 52 aufgestellten Tafel in der jeweils gültigen Dinorm zu entnehmen."

D. Besondere Bestimmungen.

§ 32.

Kreuzungen und Parallelführungen.

In der Vorschrift b), Ziffer 3, wird der Hinweis „[siehe § 9 a)]" hinter dem ersten Satz gestrichen.

In der Vorschrift b), Ziffer 4, ist der Hinweis „[siehe § 33 c) 2]" zu erweitern in „[siehe § 33 c) 2, erster Absatz]".

In der Vorschrift b), Ziffer 6, werden die Worte „in den Nachbarfeldern" ersetzt durch die Worte „in einem Nachbarfeld".

Der nach Ziffer 6 der Vorschrift b) beginnende Absatz erhält den Buchstaben c) und folgenden Wortlaut:

„c) Bei Kreuzung einer verkehrsreichen Straße einer Großstadt oder einer Reichsautobahn[2]) gilt außer den Bestimmungen der Vorschrift b) noch folgendes:

[2]) Betr. Abstand der Maste von der Reichsautobahn siehe auch § 8a) des Gesetzes über die Errichtung eines Unternehmens Reichsautobahnen vom 27. 6. 33 (Reichsgesetzblatt II S. 509 und Reichsgesetzblatt I S. 1081) und die Ausführungsbestimmungen.

Digitized by Google

1. Die Höchstzugspannung der Leitungen darf 75 % der in § 7 a) festgelegten Werte nicht übersteigen, und die Spannweite muß so gewählt werden, daß die 4-fache normale Zusatzlast [siehe § 8 b)] den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht;
2. Stahlgittermaste müssen quadratischen Querschnitt haben."

Der bisherige Abschnitt hinter der alten Vorschrift § 32 b) 8 [jetzt § 32 c) 2] erhält den Kennbuchstaben d) und folgende Fassung:

„d) Wird eine Freileitung in einer verkehrsreichen Straße einer Großstadt geführt, so sind die zusätzlichen Maßnahmen unter b), Ziffern 1 bis 3, 5 und 6 sowie c), Ziffer 1 und 2 anzuwenden; an Stelle von b), Ziffer 4 tritt jedoch nachstehende Vorschrift:

Einfach-Isolatorenketten sind nicht zulässig. Anzuwenden sind Doppel-Isolatorenketten ohne Erhöhung des Isolationswertes, die oben und unten mit Lichtbogen-Schutzarmaturen auszurüsten sind."

Die bisherige Vorschrift § 32 c) erhält den Kennbuchstaben e) und wird durch folgenden zweiten Absatz hinter dem Kleindruck erweitert:

„Wenn sich eine Freileitung einer Reichsautobahn so weit nähert, daß die Entfernung[2]) der Maste vom äußeren Rande des Straßenkörpers kleiner als die Masthöhe über dem Erdboden ist, so müssen die Freileitungen mit erhöhter Sicherheit nach § 33 ausgeführt werden. Außerdem sind die Vorschriften unter b), Ziffern 1 bis 4 einschließlich und c), Ziffer 1 anzuwenden."

Die bisherigen Vorschriften d) und e) erhalten die Kennbuchstaben f) und g).

Im dritten Absatz der jetzigen Vorschrift g) (früher e) wird hinter den Worten „bei Leitungen aus Aluminium und seinen Legierungen" eingefügt: „sowie Stahlaluminium".

§ 33.

Erhöhte Sicherheit.

Gegenüber dem Entwurf unverändert.

IV. Bahn-, Post- und Wasserstraßenkreuzungen.

§ 35.

Änderungen zu a) und b) gegenüber dem Entwurf unverändert.

c) Befestigung der Leitungen an Stützenisolatoren.

In Ziffer 3 wird der am Schluß stehende Hinweis auf § 36 t) geändert in „§ 36".

Ziffer 5 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„5. An Postkreuzungen durch Starkstromleitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber müssen die Isolatoren eine Mindestüberschlagspannung bei Regen von 1,1 $(2{,}2\ U_n + 20)$ kV haben. Wenn die Starkstromleitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber auf Holzmasten verlegt sind, sind an Postkreuzungen Isolatoren mit einer höheren Durchschlagspannung als auf den anschließenden Strecken zu verwenden."

d) Befestigung der Leitungen an Kettenisolatoren.

Hier wird eine neue Ziffer 4 folgenden Wortlautes eingefügt:

„4. An Postkreuzungen durch Starkstromleitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber müssen die Isolatoren eine Mindestüberschlagspannung bei Regen von 1,1 $(2{,}2\ U_n + 20)$ kV haben."

Die bisherigen Ziffern 4 und 5 erhalten nunmehr die Kennziffern 5 und 6.

g) Werkstoff, Berechnung und Beanspruchung der Maste, Fundamente, Querträger und Stützen.

Ziffer 12 erhält folgenden Wortlaut:

„12. Bei Postkreuzungen durch Starkstromanlagen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber sowie bei allen Bahn- und Wasserstraßenkreuzungen sind die Maste und Fundamente für die Höchstbeanspruchung zu berechnen, die sich aus dem Höchstzug der Leitungen, vermehrt um den Winddruck auf Mast und Kopfausrüstung senkrecht zur Längsachse der Querträger ergibt. Hierbei sind als Höchstzugspannungen in den Nachbarfeldern einer Kreuzung keine geringeren Werte als in den normalen Feldern der anschließenden Strecken einzusetzen."

V. Freileitungen für Nennspannungen unter 1 kV.

§ 36.

Eine neue Vorschrift f) folgenden Wortlautes wird aufgenommen:

„f) Zu § 4 k): Diese Bestimmung findet für Leitungen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde keine Anwendung."

Die bisherigen Vorschriften f) bis i) erhalten hierdurch die Kennbuchstaben g) bis k).

An Stelle der bisherigen Vorschrift k) tritt folgende neue Vorschrift l):

„l) Zu § 9 a): Die Spannung führenden Leitungen müssen voneinander und von anderen Leitungen des gleichen Spannfeldes einen solchen Abstand erhalten, daß ein Zusammenschlagen oder eine Annäherung bis zum Überschlag nicht zu befürchten ist. Ein Mindestabstand von 0,35 m der nicht ausgeschwungenen Leitung darf jedoch nicht unterschritten werden. Bei Leitungen verschiedenen Querschnittes oder verschiedenen Werkstoffes oder ungleicher Durchhänge muß in erhöhtem Maße der Gefahr des Zusammenschlagens der Leitungen Rechnung getragen werden.

Die übrigen Bestimmungen in § 9 a) finden keine Anwendung."

Die bisherige Vorschrift l) mit dem Wortlaut „Zu § 9 b): Diese Bestimmung findet keine Anwendung" wird gestrichen.

Die Vorschrift § 36 t) wird ab Absatz 4 einschließlich wie folgt geändert:

„Von den in § 32 f) angeführten Bestimmungen gelten nur die Ziffern 2 und 5.

Bei Überkreuzungen von Fernmelde-Freileitungen einschließlich der Freileitungen und Luftkabelanlagen der Reichspost durch Starkstrom-Freileitungen mit Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde sind nicht wirksam gegen Fäulnis geschützte Holzmaste nur mit besonderen Erdfüßen zulässig. Der senkrechte Abstand der Starkstromleitungen von den Fernmeldeleitungen muß — auch bei größtem Durchhang — mindestens 1 m betragen. Bei Spannweiten über 50 m sind die Starkstromleitungen an den Isolatoren nach § 33 c) zu befestigen. Bei Spannweiten bis zu 50 m genügt es, wenn die Starkstromleitungen an Tragmasten auf der dem Mast zugekehrten Seite der Isolatoren und an Winkelpunkten so befestigt werden, daß sich die Leitungen unter dem Einfluß des Zuges gegen die Isolatoren legen.

Bei Überkreuzungen von Fernmelde-Freileitungen einschließlich der Freileitungen und Luftkabelanlagen der Reichspost durch Starkstrom-Freileitungen mit Spannungen über 250 V gegen Erde bis 1 kV sind die Starkstrom-Freileitungen mit erhöhter Sicherheit nach § 33 auszuführen. Der senkrechte Mindestabstand der beiden Arten von Leitungen muß — auch bei größtem Durchhang — 1,5 m betragen.

Bei Kreuzungen von Fernmelde-Freileitungen ausschließlich der Freileitungen und Luftkabelanlagen der Reichspost durch Starkstrom-Freileitungen mit Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde genügt es, wenn entweder die Starkstromleitungen oder die Fernmeldeleitungen als isolierte Leitungen mit wetterfest getränkter Beflechtung nach VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L." (NGAW oder eine gleichwertige Leitung) ausgeführt sind. Der senkrechte Mindestabstand der beiden Arten von Leitungen muß in diesem Falle — auch bei größtem Durchhang — 0,5 m betragen.

Bei Fernmelde-Freileitungen, die Signalzwecken dienen, kann bei Kreuzungen durch Starkstrom-Freileitungen mit Spannungen bis höchstens 750 V gegen Erde die gleiche Maßnahme wie in Absatz 7 angewendet werden.

Handelt es sich aber um Betriebs-Fernmeldeleitungen (siehe § 11), so finden die beiden letzten Absätze keine Anwendung.

Die Bestimmungen in § 32 g), erster bis dritter Absatz, gelten nicht, wenn bei Unterkreuzung von Fern-

Digitized by Google

melde-Freileitungen einschließlich der Freileitungen der Reichspost über der Starkstromanlage geerdete Schutzdrähte so angebracht werden, daß eine herabfallende Fernmeldeleitung sicher geerdet wird, bevor sie eine Spannung führende Leitung berühren kann. Dazu kann — auch bei Hausanschlüssen — der Nulleiter benutzt oder mitbenutzt werden, sofern in der Starkstromanlage die Nullung angewendet ist.

Luftkabelanlagen der Reichspost ohne blanke Leitungen, an denen auch später voraussichtlich keine blanken Leitungen verlegt werden, dürfen ohne weitere Schutzmaßnahmen unterkreuzt werden, wenn die Kreuzungsgestänge der Fernmeldeanlagen durch Anker oder Streben gegen Umbruch besonders gesichert sind.

Bei Parallelführungen entsprechend § 32 g), 3. Absatz von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV mit Fernmelde-Freileitungen einschließlich der Freileitungen der Reichspost und bei Parallelführungen der beiden Arten von Leitungen am gleichen Gestänge sind die vorstehenden Bestimmungen entsprechend anzuwenden."

Eine neue Vorschrift u) wird eingefügt folgenden Wortlautes:

„u) Zu § 32: Kreuzungen von Freileitungen mit Nennspannungen unter 1 kV mit Reichsautobahnen sind nach Möglichkeit zu verkabeln."

VI. Unterhaltung der Freileitungen.

§ 38.

Unterhaltung der Holzmaste.

Gegenüber dem Entwurf unverändert.

VDE-Fachberichte 1936.

Die Verlagsabteilung des VDE hat soeben die Buchausgabe der „VDE-Fachberichte 1936" zur Auslieferung fertiggestellt.

Den Hauptteil des 187 Seiten Text umfassenden Bandes bilden die 53 Fachvorträge unserer diesjährigen (38.) Mitgliederversammlung in München, deren Anschaulichkeit durch 276 Abbildungen nach den vorgeführten Lichtbildern unterstützt wird. Der Wortlaut der Aussprachen zu den einzelnen Berichten ist an diese anschließend abgedruckt, die Zusammenfassungen der Einführenden gehen jeweils den 14 Gruppen voraus.

Um die literarische Auswertung des Bandes zu erleichtern, sind ihm — zum ersten Male bei den VDE-Fachberichten — Inhaltsfahnen gemäß DIN Vornorm 1504 auf einseitig bedruckten Blättern beigegeben worden, so daß sie ausgeschnitten, auf Karten im Dinformat A 7 oder im Internationalen Bibliothekskartenformat 75 × 125 mm geklebt und der Literaturkartei eingefügt werden können. Die einzelnen Fahnen enthalten DK-Zahl, Verfassernamen, Titel, Quellenhinweis und Kurzreferat.

Der Preis des Bandes ist wie im Vorjahr:

für VDE-Mitglieder
kartoniert 6,80 RM in Halbleinen 9,— RM
für Nichtmitglieder
kartoniert 10,20 RM in Halbleinen 13,50 RM.

Der Band ist durch jede Buchhandlung zu beziehen oder unmittelbar von der Verlagsabteilung des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus. Lieferung erfolgt umgehend.

Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik.

DIN VDE 1800 U	Blitzableiter, Werkstoffe (In Übereinstimmung mit DIN VDE 1822 ist auf S. 2 bei DIN VDE 1803 in der Spalte „Umstellnormen", Teil 1, das Gewinde R ⅜" in Whitworth-Gewinde ⅝" zu ändern)
„ „ 1822	Blitzableiter, Trennstücke (September 1936) 0,75 RM
„ „ 1847	Blitzableiter, Muffen, Übergangsmuffen (September 1936) 0,75 RM
„ „ 3148	Elektrische Bahnen, Keil-Endklemmen (2. Ausg. Juni 1936) 0,75 RM
DIN 6556	Richtlinien für Schmiermittel, Isolieröle für Transformatoren und Schalter (Februar 1936) 0,75 RM
„ 7701	Kunstharz-Preßstoffe, warmgepreßt (November 1936) 1,— RM
DIN BERG 1000	Elektrische Förderhaspel (Juli 1936) 5,50 RM
DIN FEN 402	Starkstromwerkzeugkasten (Februar 1936) 0,75 RM
DIN HNA Kü 41 bis 46	Elektro-Schiffsherde (März 1936) je 0,75 RM
DIN Kr 2301	Licht- und Anlasserbatterien in Holzkasten, Nennspannung 12 V (2. Ausg. November 1936) 0,75 RM
„ „ 2311 Bl. 1 u. 2	Licht- und Anlasserbatterien in Blockkasten, normale Bauart, Nennspannung 6 bzw. 12 V (2. Ausg. November 1936) je 0,75 RM
„ „ 2312	Licht- und Anlasserbatterien in Blockkasten, niedrige Bauart, Nennspannung 6 und 12 V (November 1936) 0,75 RM
„ „ 2581	Sicherungspatronen und Sicherungsstreifen für elektrische Anlagen in Kraftfahrzeugen bis 24 V Nennspannung, Halter für Sicherungsstreifen (2. Ausg. November 1936) 0,75 RM
DIN RÖNT 20 U/1936	Ortsfeste Strahlenschutzwände von Röntgenanlagen für Spannungen bis 250 kV (Mai 1936) 0,25 RM

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Gauversammlung gemeinsam mit dem Gau Nord-Mitte der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e. V.

am Dienstag, dem 8. Dezember 1936, 20^{00}, im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Professor Dr.-Ing. R. G. Weigel VDE, Karlsruhe, über das Thema:

„Das Licht im Dienst der wertschaffenden Arbeit".

Vorführung des lichttechnischen **Kultur-Tonfilmes „Licht"** des Reichsamtes „Schönheit der Arbeit".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33, statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
3. 12. 1936 „Netzkupplung über Ausgleichregler", Vortragender: Dr.-Ing. K. Menny.

Elektrizitätswerke. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. B. J. v. d. Knesebeck VDE.
4. 12. 1936 „Planung eines Dampfkraftwerkes", Vortragender: Oberingenieur Dipl.-Ing. Klostermann.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
7. 12. 1936 „Einige wichtige Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre" (3. Abend: Zusammenfassung und Aussprache). Anwesend: Dipl.-Ing. G. Kroker VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. K. Wagner.
8. 12. 1936 „Neuzeitliche Selbstanschlußtechnik", Vortragender: Dr.-Ing. Boysen.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
9. 12. 1936 „Erscheinungsformen des elektrischen Lichtbogens", Vortragender: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.

Für sämtliche Arbeitsgemeinschaften:
10. 12. 1936 **„Besichtigung der VDE-Prüfstelle im VDE-Haus".**
Treffpunkt: Für die I. Gruppe um 18^{00}, für die II. Gruppe um 18^{30} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses. Die Besucherzahl ist beschränkt. Aus diesem Grunde werden für die Teilnehmer besondere Karten ausgegeben. Anmeldung bis spätestens 7. Dezember 1936 in unserer Geschäftsstelle. Wünsche für die Zuteilung zu einer bestimmten Gruppe werden nach Möglichkeit berücksichtigt.

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Melhom.
11. 12. 1936 „Der elektrische Einzelantrieb für Werkzeugmaschinen", Vortragender: Dipl.-Ing. R. Sossna.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Digitized by Google

Auf der gemeinsamen Versammlung mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft am 23. 4. d. J. sprach Herr N. Riehl über „Wesen und Eigenschaften der Luminophore". In H. 39, S. 1118 berichteten wir hierüber. Über Fortschritte auf dem Gebiet der Quecksilberdampflampe trug Herr H. Krefft vor.

Während die Strahlung der im Gebiet von 0,01 bis 0,5 Torr Dampfdruck arbeitenden Quecksilberniederdrucklampe ihren Höchstwert im kurzwelligen Teil des Ultraviolett-Spektrums hat (Resonanzlinie 253 mμ), ist die Energieverteilung der mit einem Dampfdruck von etwa 1 at betriebenen Quecksilberhochdrucklampe mehr nach dem langwelligen Teil des ultravioletten Spektrums verschoben. Die im sichtbaren Bereich fast gänzlich fehlende rote Strahlung wird bei Anwendung höherer Drucke gesteigert. Der im ultravioletten Gebiet liegende Strahlungsanteil kann durch auf der Rohrwand des Entladungsrohres angebrachte Luminophore in sichtbare Strahlung umgewandelt werden. Bei der Niederdrucklampe bringt man die Leuchtmasse auf der Innenwand des Rohres an, da die den Hauptanteil bildende kurzwellige UV-Strahlung vom Glas der Rohrwand absorbiert werden würde. Die Lichtausbeute einer Niederdrucklampe wird durch die Anbringung des Phosphors von etwa 5 lm/W auf etwa 30 lm/W und mehr verbessert. Neuerdings sind z. B. Hg-Niederdruck-Fluoreszenzröhren für 220 V Netzanschluß und 1,5 A Stromaufnahme hergestellt worden, die bei weißer Lichtfarbe eine Lichtausbeute von etwa 20 bis 30 lm/W aufweisen.

Bei der Hochdrucklampe kann man die Luminophore wegen der hohen Temperatur (etwa 700 ° C) nicht auf der Innenwand des Entladungsrohres selbst aufbringen. Hier wird auch ein anderer Leuchtphosphor verwendet, der hauptsächlich auf das von der Hg-Hochdruckentladung ausgesandte mittel- und langwellige UV anspricht. Eine Lampe wurde vorgeführt, bei der der Luminophor auf der Innenseite eines Glühlampenkolbens von etwa 130 mm Dmr. angebracht war, in dessen Inneren sich das eigentliche Hochdruckrohr aus Quarz befindet. Die Farbverbesserung gegenüber einer ebensolchen Lampe ohne Luminophor war sehr auffallend. Da die Hochdruckentladung schon an und für sich eine hohe Lichtausbeute besitzt, ist die relative Steigerung der Lichtausbeute durch das Hinzukommen der Fluoreszenzstrahlung hier nicht so erheblich; immerhin ist, obwohl der Phosphor ja auch etwas von der ausgesandten Lichtstrahlung absorbiert, eine Erhöhung der Lichtausbeute um etwa 10 bis 20 % vorhanden, und der leuchtende Außenkolben setzt gleichzeitig die Leuchtdichte der Lampe herab.

Über neuere, zum Teil noch wenig bekannte Verfahren der Lichterzeugung berichtete G. Aschermann. Die direkte Umwandlung der kinetischen Energie des Elektrons in Strahlung, wie sie z. B. bei der sog. Bremsstrahlung das kontinuierliche Röntgenspektrum liefert, konnte im Bereich der sichtbaren Strahlung bisher noch nicht mit einer für praktische Zwecke in Betracht kommenden Energiebilanz verwirklicht werden. Aussichtsreicher erscheint die Chemilumineszenz, der unmittelbare Umsatz der bei einem chemischen Prozeß freiwerdenden Energie in Licht. Beispiele hierfür sind die mit Lichtabgabe verbundene Vereinigung von Schwefelkohlenstoff und Stickoxyd bei Zündung mit einem Glühdraht (89 lm/W), die Oxydation des Silikons sowie die Oxydation des Pyrogallols mit Wasserstoffperoxyd. Diese Lumineszenzerscheinungen sind jedoch nicht umkehrbar, da sich die Substanzen nicht auf einfache Weise in den Anfangszustand zurückverwandeln lassen. Umkehrbare Chemilumineszenz haben wir dagegen im tierischen Leuchten der Feuerkäfer und Leuchtfliegen vor uns. Nach den Untersuchungen von Harvey und seinen Mitarbeitern enthalten die Leuchtfliegen eine verwickelte eiweißartige Verbindung, das Luziferin, die sich unter Leuchterscheinung zu Oxyluziferin oxydiert. Ein in den Leuchttieren vorhandener Katalysator, die Luziferase, beschleunigt den Oxydationsprozeß. Das Spektrum der Leuchterscheinung besteht aus einem breiten Band im Grün, dessen spektrale Verteilung sehr weitgehend mit derjenigen der menschlichen Augenempfindlichkeit übereinstimmt. Die Lichtausbeute muß infolgedessen dem Idealfall sehr nahe kommen. Harvey konnte zeigen, daß das Oxyluziferin durch elektrolytische Reduktion wieder in Luziferin zurückverwandelt werden kann und daß sich Luziferin durch stetes Reduzieren und Oxydieren in einer elektrolytischen Zelle für längere Zeit am Leuchten erhalten läßt. Eine andere umkehrbare Lumineszenzerscheinung zeigt getrocknetes Chininsulfat, das bei Wasseraufnahme schwach grünlich leuchtet und durch darauffolgendes Trocknen regeneriert werden kann. Verhältnismäßig helle Leuchterscheinungen zeigen zwei kürzlich entdeckte organische Verbindungen bei der Oxydation. Das zyklische Hydrazid der Aminophthalsäure leuchtet in alkalischer Wasserstoffsuperoxydlösung hellblau (Albrecht 1928). Bei Zusatz von Hämin als Katalysator wird die Leuchterscheinung verstärkt. Dimethyldiacridyliumnitrat in alkalischer Lösung gibt bei Zusatz von Wasserstoffperoxyd langdauernde grünliche Lumineszenz (Gleu 1935). Als Katalysator eignet sich Osmiumtetroxyd. Anscheinend müssen für das Zustandekommen der Chemilumineszenz die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sein: Die Substanz muß unter der Einwirkung von Sauerstoff oxydieren, und außerdem muß sie fluoreszierend sein, damit die bei der Oxydation freiwerdende Energie in Licht verwandelt werden kann. Gruppen wie die Aminogruppe oder die Hydroxylgruppe steigern in zyklischen Verbindungen die Fluoreszenz. So gelang es, einen Körper herzustellen, der sowohl die Amino- wie die Hydrazidgruppe je zweimal enthält (Diaminopyromellithsäurehydrazid), die noch stärkere Leuchterscheinung als Aminophthalsäurehydrazid zeigt. Über den Träger des Leuchtvorgangs und die bei diesen Vorgängen vorhandene Ausbeute ist noch nichts Näheres bekannt. *Frh.*

Sitzungskalender.

Gau Bergisch-Land, Wuppertal-Elberfeld. 8. 12. (Di), 20^{00}, „Saal der Technik": Jungingenieurabend.

Gau Köln. 11. 12. (Fr), 20^{00}, Lese-Gesellschaft in Köln: „Neue elektrische Schweißmaschinen". Dipl.-Ing. J. C. Fritz.

Gau Kurpfalz, Mannheim. 11. 12. (Fr), 20^{15}, Otto-Beck-Straße 21: „Die neueste Entwicklung auf dem Gebiete des elektrischen Schweißens". Obering. Ruck.

Gau Nordsachsen, Leipzig. 9. 12. (Mi), Grassi-Museum: 1. 19^{15}, nur für Mitglieder: Hauptversammlung. 2. 20^{00}, auch für Gäste: „Fortschritte in der Anwendung der Elektrowärme" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. Fr. Mörtzsch VDE.

Gau Niedersachsen, Hannover. 8. 12. (Di), 20^{15}, T. H.: „Spulen mit Hochfrequenzeisen unter Berücksichtigung der Herstellung des Hochfrequenzeisens". Dr.-Ing. A. Hecht VDE.

Gau Niederschlesien, Breslau (Arbeitsgemeinschaft der Jungingenieure). 9. 12. (Mi), 20^{00}: „Moderner Aufbau von Schaltanlagen". Dipl.-Ing. G. Meiners VDE.

Gau Ostpreußen, Königsberg. 7. 12. (Mo), 20^{00}, 1. Phys. Inst.: „Die deutsche Technik erkämpft die Freiheit für das deutsche Volk". Gaudienststellenleiter des NSBDT Dipl.-Ing. Raether.

Gau Ruhr-Lippe, Essen. 9. 12. (Mi), 19^{30}, Haus der Technik: Hauptversammlung (kein Vortrag).

Gau Südbayern, München und Stützpunkt Augsburg. 11. 12. (Fr): Studien- und Kameradschaftsfahrt zur Besichtigung der Wolfram-Lampen AG. mit anschließendem lichttechnischem Vortrag.

Staatliches Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Unter den Eichen 87
Fernsprecher: G 6 Breitenbach 27 51.

Bekanntmachung über Kunstharzpreßmassen[1]) für typisierte und überwachte Isolierpreßstoffe[1])[2]).

Zwischen dem Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem und den in der folgenden Tafel angegebenen Herstellern von Kunstharzpreßmassen bestehen z. Z. Überwachungsverträge. Auf Grund dieser Verträge werden vom Amt die in der Tafel aufgeführten Kunstharzpreßmassen ständig überwacht. Nur diese Kunstharzpreßmassen dürfen als „typisiert und überwacht vom Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem" in den Handel gebracht werden. Die Verpackungen dieser Preßmassen tragen das Überwachungszeichen MP, in welchem das Kennzeichen der Firma und die Typ-Bezeichnung angegeben sind.

Pressereien, die nicht selber Kunstharzpreßmassen herstellen, dürfen für die Herstellung von Kunstharzpreßteilen (Kunstharzpreßstoffen) mit dem Überwachungs-

[1]) Der Unterschied zwischen Kunstharz-„Preßmassen" und „Preßstoffen" ist in „Leitsätze für die Prüfung nichtkeramischer gummifreier Isolierpreßstoffe" VDE 0320/1936 klargelegt.

[2]) Vgl. „Bekanntmachung über Isolierpreßstoffe", ETZ 56 (1935) S. 1312.

Digitized by Google

zeichen nur die in der Tafel aufgeführten Kunstharzpreßmassen verwenden.

Diejenigen Kunstharzpreßmassen, welche als Preßstoff den in der Typisierung[3]) aufgeführten elektrischen Sonderanforderungen genügen und als Zusatz zur Typ-Bezeichnung einen Stern führen, sind am Schluß der Tafel gesondert aufgeführt.

Berlin-Dahlem, den 24. 9. 1936.

Der Präsident:
Dr. Seidl.

[3]) Vgl. „Typisierung der gummifreien Isolierstoffe", ETZ 56 (1935) S. 1311 und „Leitsätze für die Prüfung nichtkeramischer gummifreier Isolierpreßstoffe" VDE 0320/1936.

Firma	Kennzeichen der Firma	Typen 1 Handelsbezeichnung	1 Reihen[1])	M Handelsbezeichnung	M Reihen[1])	O Handelsbezeichnung	O Reihen[1])	S Handelsbezeichnung	S Reihen[1])	T Handelsbezeichnung	T Reihen[1])	K Handelsbezeichnung	K Reihen[1])
Dr. Kurt Albert G. m. b. H., Chemische Fabriken, Amöneburg bei Wiesbaden-Biebrich	Al	Albert-Preßmasse Typ 1	9000	—	—	—	—	Durophen-Schnellpreßmasse	200 400 500 800 900 1 300 2 000 2 500 3 000 4 000	—	—	—	—
Bakelite Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Erkner b. Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse	A 100	Bakelite-Schnellpreßmasse	MX	Bakelite-Preßmasse	300	Bakelite-Schnellpreßmasse	600 700 800 F G SX	Bakelite-Schnellpreßmasse	TX	Bakelite-H-Preßmasse	7000
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co. Abteilung Celluloid-Fabrik Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf, Bez. Köln	DAG	Trolitan „I" Trolitan „AF"	7000 7000	Trolitan „AW"	7000	—	—	Trolitan „S" Trolitan „SP" Trolitan „SPK" Trolitan „L"	2 000 2 500 2 800 2 900 7 000	Trolitan „LT"	7000	Pollopas	4000 4500 4800
Internationale Galalith Gesellschaft Hoff & Co., Harburg-Wilhelmsburg 1	IGG	—	—	—	—	—	—	Schnellpreßmasse „Kerit" Typ „S"	0 100 300 1 000 1 100 1 200 2 000 11 000	—	—	—	—
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Abt. Kunststoffe, Hamburg 33	NYH	—	—	—	—	—	—	Faturan-Preßmasse	0 100 200 500 2 000	—	300	—	—
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	Neoresit Typ 1	500 3000 4000	Neoresit Typ M	5000	Neoresit Typ 0	145 146	Neoresit PA Typ S Neoresit PR Typ S Neoresit PKA Typ S Neoresit PKR Typ S	0 100 2 000 2 100	Neoresit Typ T	700	—	—
Dr. F. Raschig G. m. b. H. Chemische Fabrik, Ludwigshafen am Rhein	Ra	Resinol	400	Resinol	10	—	—	Resinol	100 200 300 700 800 900	Fibresinol	500	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	Rö	Hares-F	F 1950-1979	Ralotext	1990	—	—	Hares-S	700 900 1 700 5 000	Leinenschnitzelmasse	L 1980-1989	—	—

[1]) Die Reihenbezeichnung 0 umfaßt die Nummern 0 bis 99, die Reihenbezeichnung 100 umfaßt die Nummern 100 bis 199 usw.

Bekanntmachung über Kunstharzpreßmassen, die als Preßstoff den elektrischen Sonderanforderungen genügen.

Firma	Kennzeichen der Firma	Stern-Typen 1* Handelsbezeichnung	1* Reihen	0* Handelsbezeichnung	0* Reihen	S* Handelsbezeichnung	S* Reihen	K* Handelsbezeichnung	K* Reihen
Bakelite Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Erkner b. Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse	100	Bakelite-Preßmasse	300	Bakelite-Schnellpreßmasse	6000	Bakelite-H-Preßmasse	7000
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid-Fabrik Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H. Troisdorf, Bez. Köln	DAG	—	—	—	—	Trolitan „SD"	2000	Pollopas	4000 4500 4800
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	—	—	—	—	Neoresit Typ S*	600		
Dr. F. Raschig G. m. b. H. Chemische Fabrik, Ludwigshafen a. Rh.	Ra	Resinol	400	—	—	Resinol	4292 4622 5794	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	Rö	—	—	—	—	Hares-S*	700*	—	—

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Guillermo Claussen †. — Am 12. Oktober d. J. starb im 62. Lebensjahr nach langem Krankenlager der Oberingenieur und Prokurist der Firma Brown, Boveri & Cie., Herr G. Claussen. Nach Beendigung seines Studiums trat er 1898 als junger Ingenieur in den Dienst von Brown, Boveri & Cie. in Mannheim. Seine Haupttätigkeit lag auf elektrotechnischem Gebiet, und zwar in der Ausarbeitung schwieriger Projekte. Durch sein großes Wissen und Können erwarb er sich bald das Vertrauen seiner Firma. — Er war langjähriges Mitglied des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und bekleidete längere Zeit das Amt des Schriftführers im ehemaligen Elektrotechnischen Verein Mannheim-Ludwigshafen.

Nobelpreisträger. — Die Schwedische Akademie der Wissenschaften in Stockholm hat Herrn Prof. Dr. phil. Peter Debye in Berlin für seine Beiträge zur Ergänzung der Kenntnisse über den Aufbau der Moleküle den Nobelpreis 1936 für Chemie verliehen. — Der Nobelpreis 1936 für Physik ging zu gleichen Teilen an Herrn Prof. Dr. phil. Victor Fr. Hess in Innsbruck für seine Entdeckung der kosmischen Strahlen und an Herrn Dr. C. D. Anderson in den V. S. Amerika (Kalifornien) für seine Entdeckung der Positronen.

W. Schottky. — Herr Prof. Dr. W. Schottky, Berlin, wurde von der Royal Society, London, für seine Entdeckung des Schroteffektes bei der Emission von Glühelektronen sowie für seine Erfindung der Schirmgitterröhre und des Superheterodynprinzips beim Empfang drahtloser Signale die Hughes-Medaille verliehen.

SCHRIFTTUM.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Funkhändler-ABC. Herausg. vom Verlag „Der Radio-Händler". (Erweit. Sonderdruck aus „Radio-Händler" 1936.) Mit 40 S. im Format 125 × 185 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1936. Preis kart. 1,80 RM.

Staat und Energiewirtschaft. Der Weg zum Energiewirtschaftsgesetz. Von A. Friedrich. Mit 160 S. im Format A 5. Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin 1936. Preis geb. 4,80 RM.

Technik-Geschichte. Im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure herausg. v. C. Matschoß. (Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie Bd. 25, 1936.) Mit 107 Abb., 7 Bildnissen u. 164 S. im Format A 4. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1936. Preis geb. 12 RM.

Fertigungstechnik und Güte abbrenngeschweißter Verbindungen. Von Dr.-Ing. H. Kilger. Mit 75 Abb., 15 Zahlentafeln u. 128 S. im Format A 5. Verlag F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1936. Preis geb. 7,60 RM.

Prüfen und Messen von Röhren und Einzelteilen. Mit einem Anhang: Sonstige Hilfsmittel für Laboratorium, Werkstatt und Kundendienst. Von R. Wigand. 2. erweit. u. verbess. Aufl. Mit 239 Abb., mehreren Tabellen u. 138 S. im Format 155 × 230 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin 1936. Preis kart. 5,80 RM.

Eingegangene Doktordissertationen.

Karl Nonnenmacher. Untersuchungen über Bemessungsgrundlagen des Quecksilberdampfstromrichters. T. H. Berlin 1936.

Alexander Roggendorf. Untersuchung der Frequenzabhängigkeit gasgefüllter Photozellen im Bereich von etwa 20 bis 300 kHz. T. H. Berlin 1935. Verlag von S. Hirzel, Leipzig.

Martin Ottow. Untersuchungen über die Vergleichbarkeit der Unfallstatistik. T. H. Berlin 1935.

Arthur Schneider. Über die Linearisierung der Kennlinie von Verstärkerröhren. T. H. Berlin 1935.

Alfred Tegeler. Die Grenzen der Wirtschaftlichkeit der Drehzahlregelung bei elektrischem Antrieb von Hauptschachtventilatoren. T. H. Berlin 1936.

Neue Zeitschriften.

Akustische Zeitschrift. Im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft unter Mitwirkung der Deutschen Reichspost und Physikal.-Techn. Reichsanstalt herausg. v. M. Grützmacher und Erwin Meyer. 1. Jg. (1936) Heft 1 (Sept.). Verlag S. Hirzel, Leipzig. Preis 10 RM je Jahrgang (6 Hefte).

[In der „Einführung" an der Spitze des ersten Heftes wird auf die ständig wachsende Bedeutung der Akustik und ihrer technischen Anwendungen hingewiesen. Deutschland hat führenden Anteil am Aufblühen dieses Wissenschaftszweiges. daher erscheint die Gründung einer neuen deutschen Fachzeitschrift gerechtfertigt, die durch Zusammenfassung der Forschungsergebnisse eine Übersicht über die Fortschritte der Akustik geben und damit eine Vertiefung und Bereicherung der gefundenen Erkenntnisse erzielen will.

Das erste Heft bietet auf insgesamt 48 Seiten Aufsätze über Hörschwellenmessung, Schalldämmung und Schallaufzeichnung. Dann folgen Berichte aus dem Schrifttum, eine Patentschau und Nachrichten. — Inhalt und Ausstattung des Heftes sind ausgezeichnet und lassen Gutes von der neuen Fachzeitschrift erwarten.] *Wr.*

Veranstaltungen anderer Vereine.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Gau Süd, Ortsgruppe Frankfurt a. M. 3. 12. (Do), 20^{00}, Universität: „Aus der Arbeit neuzeitlicher Lichttechnik und über die Aufgaben der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Prof. Dr.-Ing. R. G. Weigel.

Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung, Berlin. 7. bis 9. 12 (Mo bis Mi), 9^{00}, Marmorsaal des Zoologischen Gartens: Arbeitstagung. Näheres siehe S. 1434 dieses Heftes.

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik, Berlin. 3. u. 4. 12. (Do u. Fr): 25. Verbandsversammlung im 40. Jahre des Bestehens.

3. 12. (Do): Gruppensitzungen für Mitglieder.

4. 12. (Fr): Öffentliche Haupversammlung, 10^{00}, gr. Saal des Ingenieurhauses, mit folg. Vorträgen:

1. „Abhängigkeit der Verformung von Struktur, Stoff und Gestalt". Dr.-Ing. Seidl.
2. „Untersuchungen menschlicher und tierischer Knochen nach den Grundsätzen technischer Werkstoffprüfung". Dr. med. habil. Haase und Dipl.-Ing. Richter.
3. „Reichsautobahnen und Stoffprüfung". Prof. O. Graf.
4. Tonfilm über Reichsautobahnen.

16^{00}: Besichtigung des Staatlichen Materialprüfungsamtes mit Vorführung eines Großversuches.

Außeninstitut und Gesellschaft von Freunden der T. H. Berlin. 8. 12. (Di), 18^{00}, Neues Phys. Inst.: „Die Umwandelbarkeit der Atome". Prof. Dr. H. Geiger.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik in Verbindung mit der Deutschen Chemischen Gesellschaft und dem Bezirksverein Groß-Berlin und Mark des Vereins Deutscher Chemiker. 11. 12. (Fr.) 20^{00}, Neues Phys. Inst.: „Der Stand der Farbenphotographie". John Eggert-Wolfen.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 27. November 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang **Berlin, 10. Dezember 1936** **Heft 50**

Neuzeitliche Hochvakuumpumpen.

Von H. Klumb VDE, Freiburg.

621. 6. 02 : 533. 51/7

Übersicht. Im folgenden wird die Bauart und Wirkungsweise neuzeitlicher Hochvakuumpumpen besprochen, einzelne neuere Modelle beschrieben und die Leistungsfähigkeit einzelner Arten, insbesondere beim Betrieb mit organischen Substanzen, angegeben.

Die Anwendungsgebiete für Hochvakuumpumpen[1]) erweitern sich in den letzten Jahren ständig. Abgesehen von ihrer ursprünglichen Verwendung in vakuumtechnischen Fertigungsverfahren, z. B. der Herstellung von Leuchtröhren, Glühkathoden-Gleichrichtern, Röntgenröhren und lichtelektrischen Zellen, abgesehen von ihrer Verwendung im chemischen und physikalischen Laboratorium, tritt bereits heute beim Betrieb von Senderöhren sowie von Gleich- und Wechselrichtern großer Leistung, bei Anlagen für Vakuumdestillation und Vakuumöfen in steigendem Maße das Bedürfnis nach betriebssicher arbeitenden Pumpanlagen auf. Die Notwendigkeit auch großer Saugleistung erhellt aus der Tatsache, daß die Güte des mit einer Pumpvorrichtung erreichbaren Vakuums einmal abhängt von der Lage des sogenannten Grenzvakuums der Pumpanlage selbst, d. h. des kleinsten Druckes, den die verwendete Pumpe grundsätzlich zu erreichen gestattet, dann aber — wenn eine gegebene Pumpanlage an einem Rezipienten gegebener Größe und gegebener Betriebsbedingungen arbeitet — vom Verhältnis der in der Zeiteinheit vom Rezipienten abgegebenen Gasmengen (Undichtigkeiten, okkludierte Gase und Dämpfe) zu der in der Zeiteinheit von der Pumpe abgesogenen Gasmenge (Sauggeschwindigkeit). Die Sauggeschwindigkeit (in Liter/Sekunde für einen bestimmten Druck, meist 0,001 Torr) ist demnach in den meisten praktischen Fällen eine für die Bewertung der Pumpanlage bestimmende Größe, wobei noch grundsätzlich zu unterscheiden ist zwischen der Sauggeschwindigkeit S_p der Pumpe selbst (am Saugspalt oder unmittelbar an der Pumpe gemessen) und der nutzbaren Saugleistung S_n, die z. B. an der Stelle des Überganges der Vakuumleitung in den Rezipienten gemessen werden kann und in ihrer Größe wesentlich vom Strömungswiderstand der Pumpleitung abhängt.

Größe der Sauggeschwindigkeit.

Die Größe der für den Betrieb einer Hochvakuumanlage nötigen Sauggeschwindigkeit hängt ab einmal von dem niedrigsten Arbeitsdruck, der erreicht und während des Betriebs eingehalten werden soll, ferner von Größe und hochvakuumtechnischer Beschaffenheit des Rezipienten (z. B. Stoffmengen, Oberflächen, Temperaturen). Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Pumpe nicht nur die im Betrieb laufend abgegebenen Gasmengen zu fördern hat, sondern auch die bei gelegentlichen Gasausbrüchen (durch Überschläge, Überhitzungen, Lichtbogenbildung) freiwerdenden Gase ohne Schädigung möglichst rasch entfernen soll. Nach amerikanischer Angabe genügt für Senderöhren mit Leistungen von 5 bis 30 kW und einer Anodenspannung von 12 000 V, welche dauernd an der Pumpe liegen, bei einem Betriebsdruck von 10^{-5} Torr ein Wert $S_n = 5$ l/s (gemessen bei 10^{-3} Torr), eine Angabe, die durch eigene Beobachtungen an Röntgenröhren und Magnetron-Senderöhren in der Größenordnung bestätigt wird. Man kommt daher in den meisten Fällen mit einem S_n von 5 bis 20 l/s aus (Länge der Pumpleitungen kleiner als 100 cm, Durchmesser größer als 40 mm) und wird nur in Sonderfällen zu $S_n = 100$ l/s und mehr (glatte Leitungen von mehr als 10 cm Dmr. und höchstens 100 cm Länge) übergehen.

Für die geschilderten Aufgaben stehen schon seit längerer Zeit, dank den Verdiensten W. Gaedes[2])[3]), Hochvakuumpumpen für den Betrieb mit Quecksilberdampf mit Sauggeschwindigkeiten von 5 bis 150 l/s zur Verfügung, die jedoch einen Absolutwert von weniger als 10^{-4} Torr wegen des hohen Dampfdrucks des Quecksilbers nur dann zu erreichen gestatten, wenn der Quecksilberdampf zwischen Pumpe und Rezipient durch eine geeignete Vorrichtung entfernt wird. Dies zwingt zum Einschalten von Kondensations- oder Absorptionsvorrichtungen (Blattgold oder Kalzium) und damit zu einer beträchtlichen Verringerung von S_n, so daß in vielen Fällen S_n um eine Zehnerpotenz kleiner ist als S_p. Daher hat die Öldampfpumpe, d. h. die mit organischen Dämpfen betriebene Hochvakuumpumpe, große Bedeutung gewonnen, weil der niedrige Dampfdruck (10^{-5} bis 10^{-6} Torr bei 20 °) der verwendeten organischen Stoffe [Apiezonöle[4]), n-Di-Butylphthalat[5])[6]), Paraffine[6])] Ausfriervorrichtungen vermeidbar macht und die Saugleistung der Pumpe weitgehend auszunutzen gestattet[7]). Die ursprünglich vorhandenen Mängel der Öldampfpumpe, z. B. einwandfreies Arbeiten nur in einem schmalen Temperaturbereich (Arbeitsbereich) (Klumb, Gaede a. a. O.), Vordringen von Öl ins Hochvakuum, starke Gasabgaben und Sauerstoffempfindlichkeit der Öle, haben sich in den letzten Jahren weitgehend durch geeignete Raffination und Auswahl der Treibstoffe sowie bauliche Änderungen der Pumpen beseitigen lassen, so daß die Öldampfpumpe in Bauarten bis zu den größten Leistungen heute schon ein brauchbares Hilfsmittel im Laboratorium und in der Technik geworden ist, um so mehr, als die Widerstandskraft der organischen Treibstoffe gegen chemische Einflüsse auch ein Arbeiten mit chemisch aktiven Gasen und Dämpfen, z. B.

[1]) S. Dushman, Die Grundlagen der Hochvakuumtechnik, Berlin: J. Springer 1926. A. Götz, Hochvakuumtechnik, Braunschweig: Vieweg 1926. Espe u. Knoll, Werkstoffkunde d. Hochvakuumtechnik, Berlin: J. Springer 1936. H. Ebert, Physik regelm. Ber. 4 (1936) H. 3, S. 93. G. Mönch, Vakuumtechnik im Laboratorium, Glas u. Apparat (1936).

[2]) W. Gaede u. W. H. Keesom, Z. Instrumentenkde. 49 (1929) S. 298.

[3]) W. Gaede, Z. techn. Physik 4 (1923) S. 337.

[4]) C. R. Burch, Nature 122 (1928) S. 729; Proc. Roy Soc., Lond.), 123 (1929) S. 278.

[5]) K. C. D. Hickman u. C. R. Sanford, Rev. sci. Instrum. 1 (1930) S. 144.

[6]) H. Klumb, Naturwiss. 19 (1931) S. 612. M. V. Brandenstein u. H. Klumb, Physik. Z. 33 (1932) S. 88. H. Klumb u. H. O. Glimm, Physik. Z. 34 (1933) S. 64.

[7]) W. Gaede, Z. techn. Physik 13 (1932) S. 210.

Digitized by Google

HCl, möglich macht[8]). Die Pumpen liefern unmittelbar, d. h. ohne Verwendung von Kühlmitteln, Drücke der Größenordnung 10^{-5} bis 10^{-7} Torr, bei zusätzlicher Verwendung von Kühlmitteln, Absorptionskohle[9]) oder Silikagel[9]) zur Entfernung der Öldämpfe Drucke der Größenordnung 10^{-6} bis 10^{-8} Torr, so daß die Pumpe heute zum Evakuieren von Gleichrichter- und Entladungsröhren für hohe Spannungen, Röntgenröhren, Spektographen und Senderöhren (z. B. 50- bis 500 kW-Röhren) verwendet wird.

Pumpenbauarten.

Die heute als Öldampfpumpen verwendeten Pumpenmodelle schließen sich konstruktiv an die von I. Langmuir[10]) für den Betrieb mit Quecksilber angegebene Pumpenform an[11]). Als Baustoff dient, abgesehen von keramischen Stoffen, bei Betrieb mit Apiezonöl: Aluminium (Duralumin), Messing, Stahl (wenig geeignet: Konstantan, Nickel; ungeeignet: Kupfer, Bronze, Zinn, Blei) mit geschweißten oder hart gelöteten Verbindungen (Silber)[12]), beim Betrieb mit Phthalsäureester: nichtrostender Stahl, Aluminium, Nickel, Monelmetall, u. U. Zinn (?). (Bei Lötstellen, welche nicht über 100 ° warm werden, eignet sich für alle Stoffe Zinn als Lötmittel.) Zur Erleichterung des Wärmeüberganges werden zum Teil an den Siedegefäßen Böden aus gut wärmeleitendem Stoff[13]) verwendet (z. B. Kupfer). Hierbei ist auf die Verwendung dicker Böden hinzuweisen, welche auf der dem Öl zugekehrten Seite zur Vergrößerung der Heizfläche mit Rippen, Rillen oder Vertiefungen versehen sind[14]). Die Pumpen sind mit Wasserkühlung versehen, und zwar Außenkühlung, bei Pumpen von mehr als 80 mm lichter Weite zweckmäßigerweise mit zusätzlicher Innenkühlung durch Kühlrippen oder wasserdurchflossene Spiralrohre.

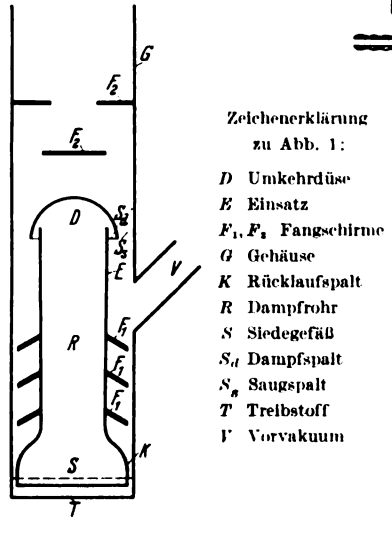
Abb. 1 zeigt den Aufbau einer Öldampfpumpe. Die Pumpe besteht aus Gehäuse G und Einsatz E, der Treibstoff T befindet sich im Siedegefäß S, dessen Boden und Seitenwände elektrisch geheizt werden. Der Dampf strömt durch das Dampfrohr R, das zum Unterschied gegenüber der Bauart von Quecksilberdampfpumpen möglichst kurz und weit sein soll[15]), zur Umkehrdüse D, tritt durch den Dampfspalt S_d und reißt die durch den Saugspalt S_s aus dem Rezipienten andiffundierenden Gase nach dem Vorvakuum V hin mit. Das Kondensat läuft durch den Rücklaufspalt K in das Siedegefäß zurück. Für die Sauggeschwindigkeit einer derartigen Anlage ist, abgesehen von der Größe des lichten Durchlasses des Saugspaltes (Fläche) und der in der Zeiteinheit erzeugten Dampfmenge, im wesentlichen maßgebend die aerodynamisch einwandfreie Führung des Dampfstromes (Lage und Form der Düsen[16]), Vermeiden von unnötigen Wirbeln), ferner eine möglichst vollkommene Kondensation des Dampfes[17]).

Zur Unterdrückung schädlicher Dampfströme aus dem Rücklaufspalt dienen die Dampf- oder Fangschirme F_1, zum Abfangen von Dampfmolekülen, welche aus der Pumpe nach dem Rezipienten hinfliegen, die Dampfschirme F_2, die mit ebenen, konischen oder schraubenförmigen Flächen versehen sein können[18]). Das notwendige Vorvakuum beträgt bei den meist einstufig hergestellten Pumpen 10^{-1} bis 10^{-3} Torr.

An den bis heute entwickelten Pumpen lassen sich grundsätzlich drei Bauformen unterscheiden: 1. Pumpen mit Umkehrdüsen (Gaede, Klumb, Estermann a. a. O.), 2. Pumpen mit Expansionsdüsen (Lavaldüsen)[19]), 3. Mehrdüsenpumpe[20]).

Pumpen mit Umkehrdüsen.

Abb. 2 zeigt eine Pumpe, die von Sloan, Thorton und Jenkins (a. a. O.) für das Evakuieren von Senderohren verwendet wurde. Die Pumpe besteht aus Messing



Zeichenerklärung zu Abb. 1:

D	Umkehrdüse
E	Einsatz
F_1, F_2	Fangschirme
G	Gehäuse
K	Rücklaufspalt
R	Dampfrohr
S	Siedegefäß
S_d	Dampfspalt
S_s	Saugspalt
T	Treibstoff
V	Vorvakuum

Abb. 1. Aufbau einer Öldampfpumpe.

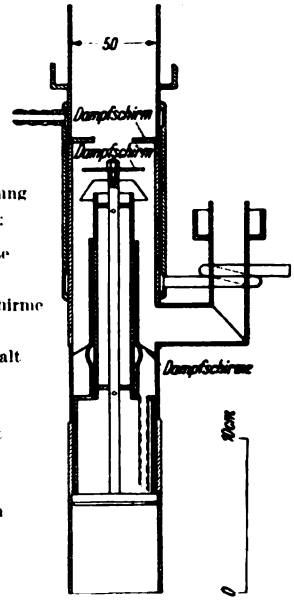
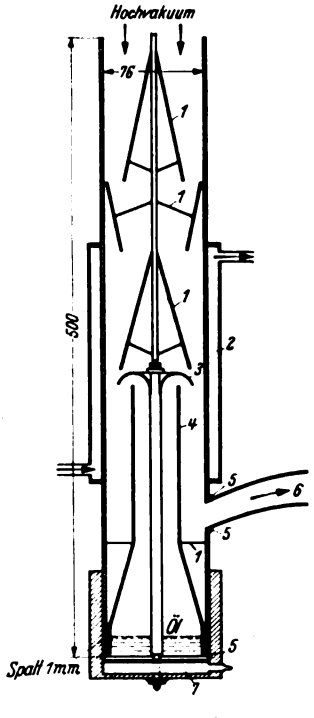


Abb. 2. Öldampfpumpe nach Sloan und Mitarbeitern.

mit hart eingelötetem Boden aus Kupfer und arbeitet mit einer Füllung von Apiezon B bei Temperaturen etwas unterhalb 200 °, die Breite des Saugspaltes beträgt 7,5 mm, die Sauggeschwindigkeit 30 l/s, der notwendige Vorvakuumdruck ist wahrscheinlich von der Größenordnung 10^{-3} Torr. Zwei derartige Pumpen wurden hintereinandergeschaltet (Grundsätzliches hierzu siehe: Hickman-Sanford, Klumb a. a. O. und J. E. Henderson[21]). Die Breite des Diffusionsspaltes der Vorpumpe betrug 2 mm. Eine ähnliche, von H. W. Edwards angegebene Pumpe zeigt Abb. 3 mit einer Sauggeschwindigkeit von 50 l/s bei einer Füllung mit Butylphthalat und einer Breite des Saugspaltes von 7,5 mm. Von Interesse



1	Dampfschirme	5	Silberlötungen
2	Kühler	6	Vorvakuum
3	Umkehrdüse	7	elektrischer
4	Dampfrohr		Heizkörper

Abb. 3. Öldampfpumpe nach Edwards.

ist hier die Beobachtung von Estermann und Byck (a. a. O.), daß die Sauggeschwindigkeit solcher Pumpen mit Umkehrdüsen bei einer bestimmten Spaltbreite (5,5 mm) einen Höchstwert besitzt und bei breiteren Spalten abnimmt.

[8]) Estermann u. Byck, Rev. sci. Instrum. 3 (1932) S. 482.
[9]) Becker-Jaycox, Rev. sci. Instrum. 2 (1931) S. 773. W. Kerris, Z. techn. Physik 16 (1935) S. 120.
[10]) I. Langmuir, Gen. electr. Rev. 19 (1916) S. 1060 u. Phys. Rev. 8 (1916) S. 48.
[11]) Siehe M. v. Brandenstein u. H. Klumb, Physik. Z. 33 (1932) S. 91.
[12]) Gunji Sinoda, Proc. phys.-math. Soc. Japan 17 (1935) S. 367.
[13]) Sloan, Thornton, Jenkins, Rev. sci. Instrum. 6 (1935) S. 75.
[14]) Eine Glaspumpe mit elektrischer Innenheizung beschreibt J. A. Bearden, Rev. sci. Instrum. 6 (1935) S. 276.
[15]) M. v. Brandenstein u. H. Klumb, Physik. Z. 33 (1932) S. 91.
[16]) W. W. Crawford, Physic. Rev. 10 (1917) S. 557.
[17]) I. Langmuir, Phys. Rev. 8 (1916) S. 48.
[18]) H. W. Edwards, Rev. sci. Instrum. 6 (1935) S. 145.
[19]) Copley, Simpson, Tenney u. Phipps, Rev. sci. Instrum. 6 (1935) S. 265.
[20]) T. L. Ho, Rev. sci. Instrum. 3 (1932) S. 133.
[21]) J. E. Henderson, Phys. Rev. 45 (1934) S. 786.

Digitized by Google

Pumpen mit Expansionsdüsen.

Im Anschluß an die alten Crawfordschen Versuche an Quecksilberdampf-Hochvakuumpumpen gelang es Copley, Simpson, Tenney und Phipps[22]), durch Verwendung langer konischer Düsen mit einem Öffnungswinkel von 10° einfache und dabei recht leistungsfähige Pumpen herzustellen. Die Versuche zeigen zugleich, wie wichtig das Vorhandensein aerodynamisch einwandfrei geführter Dampfströme für die Wirksamkeit von Hochvakuumpumpen ist. Abb. 4 zeigt eine der von ihnen entwickelten Pumpen, die in ihrer größeren Ausführung (0,9 cm engster, 7,2 cm weitester Düsendurchmesser, Düsenlänge 21 cm) mit einer Füllung n - Di - Butylphthalat bei einem Vorvakuum von weniger als 0,03 Torr eine Sauggeschwindigkeit von 175 l/s besaß (Spaltweite 1,2 cm). Eine — bisher nicht klar erkannte — Verwendung von Expansionsdüsen liegt auch bei vielen Quecksilberdampfpumpen mit Umkehrdüsen vor.

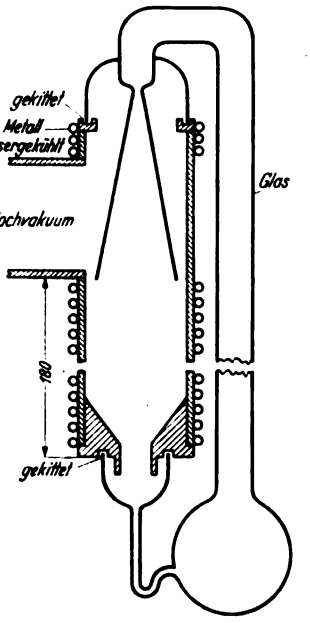


Abb. 4. Öldampfpumpe mit Expansionsdüse nach Copley und Mitarbeitern.

Bei der Verwendung desselben Prinzips auf Quecksilberdampfstrahlpumpen gelangte Klumb[23]) zu einfachen Dampfstrahlpumpen für das Druckgebiet 5 bis 10^{-5} Torr; diese Pumpen sind zum Vorschalten vor Pumpen mit organischen Treibstoffen geeignet.

Dieser Entwicklung in den Laboratorien parallel verläuft die Entwicklung der technisch hergestellten Pumpen. Zahlentafel 1 zeigt in einer Zusammenstellung die Leistungen und die Daten der bisher hergestellten brauchbarsten Bauarten.

Diese Zusammenstellung läßt erkennen, daß für wohl alle vakuumtechnischen Zwecke heute Pumpen zur Verfügung stehen, die hinsichtlich ihrer Saugleistung die Inangriffnahme der Lösung von vakuumtechnischen Aufgaben ermöglichen, die bisher aus Mangel an Evakuiervorrichtungen geeigneter Sauggeschwindigkeit ungelöst bleiben mußten. Ein wesentlicher Schritt zur weiteren Verbesserung wäre wohl zu erwarten, wenn es gelänge, Vorrichtungen zur Beseitigung von Quecksilberdampf (bei sehr kleinem Strömungswiderstand und langer Benutzungsdauer) zu schaffen, welche es ermöglichten, die hinsichtlich ihrer Betriebsmittel und Unempfindlichkeit kaum zu übertreffende Quecksilberdampfpumpe mit ihrer angenähert vollen Saugleistung unmittelbar an einen auf Hochvakuum zu bringenden Rezipienten anzuschließen[25]). Eine weitere Erhöhung von S_n bei Hochvakuumpumpen mit Kohlenwasserstoffüllung ist in der Weise möglich, daß die letzte Pumpstufe in den Rezipienten selbst eingebaut wird (Pumpe und Rezipient ein Behälter, Wegfall von Pumpleitung und Verbindungsflansch), ein Weg, wie ihn der Verfasser versuchsweise bei der Konstruktion an der Pumpe liegender wassergekühlter Magnetron-Senderöhren für Dezimeterwellen beschritten hat.

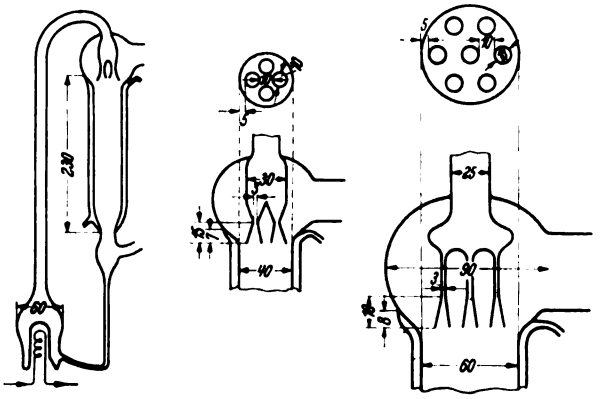


Abb. 5. Mehrdüsenpumpe nach Ho.

Zahlentafel 1. Angaben über verschiedene Hochvakuumpumpen.

Name des Herstellers	Bauart	Treibstoff	Heizleistung W	Sauggeschwindigkeit für Luft l/s	Vorvakuum Torr	Weite des Anschlußstutzens mm
Leybold Nachf. Köln (Metropolitan Vickers)	Umkehrdüse	Apiezon A u. B	450 ··· 2500	4 ··· 125 (10^{-4} Torr)	0,4 ··· 0,05	32 ··· 120
Leybold Nachf. Köln	„	Quecksilber	300 ··· 4500	2,5 ··· 150 (10^{-3} Torr)	15 ··· 0,1	32 ··· 180
Gaiffe-Gallot-Pilon (Paris) Comp. de Radiologie	eigene Bauart*)	Quecksilber	550 ··· 1100	20 ··· 120	15 ··· 0,1	bis rd. 150
desgl.	—	Spezialöl	435 ··· 900	35 ··· 120	0,01	bis rd. 150
Sloan und Mitarb. (Metrovick)	Umkehrdüse	Apiezon B	einige 100	30 (10^{-3} Torr)	< 0,01	50
Edwards	„	Spezialöl	„ 100	55 (10^{-3} Torr)	rd. 0,01	76
Copley und Mitarbeiter	Lavaldüse	n-di-Butylphthalat (Palatinol der I. G. Farben)	„ 100	35 ··· 175 (10^{-3} Torr)	rd. 0,01	rd. 100
Estermann	Umkehrdüse	Phthalat	rd. 100	15	< 0,01	50
Ho	Mehrdüsen	Quecksilber	60 ··· 700	4 ··· 320 (10^{-3} Torr)	rd. 0,01	max. 280
Zabel	„	Apiezon B	200 ··· 300	35 ··· 60 (10^{-4} Torr)	rd. 0,01	28

*) W. Gaede, Z. techn. Physik 4 (1923) S. 361.

Mehrdüsenpumpe.

Nach T.L.Ho. a. a. O. läßt sich die Wirksamkeit von Hochvakuumpumpen wesentlich vergrößern, wenn man an Stelle einer großen Düse mehrere parallelgeschaltete kleinere verwendet[24]). Die von ihm entwickelte Mehrdüsenpumpe (für Quecksilberdampf) zeigt Abb. 5. Die mit 1, 4 und 7 Düsen hergestellten Pumpen wiesen mit Quecksilberfüllung Sauggeschwindigkeiten von 14,5, 33 und 55 l/s auf. Eine aus Stahl hergestellte Pumpe mit 19 Düsen und zusätzlicher Innenkühlung lieferte eine Sauggeschwindigkeit von 320 l/s.

Zusammenfassung.

Für das Evakuieren beliebiger Räume stehen leistungsfähige Evakuierungsvorrichtungen in Form von Öl- oder Quecksilberdampfpumpen zur Verfügung, die Sauggeschwindigkeiten von einigen 10 bis 100 l/s unschwer zu

[22]) J. M. Copley u. Mitarbeiter, Rev. sci. Instrum. 6 (1935) S. 265.
[23]) H. Klumb, Z. techn. Physik 17 (1936) S. 201.
[24]) R. M. Zabel, Rev. sci. Instrum. 6 (1935) S. 54.
[25]) Nach eigenen, noch nicht abgeschlossenen Versuchen scheint die Aufgabe durchaus lösbar zu sein.

Digitized by Google

erreichen gestatten, und dies mit relativ einfachen technischen Hilfsmitteln. Die mit den Dämpfen organischer Substanzen betriebenen Pumpen gestatten es, ausgehend von einem notwendigen Vorvakuum von 10^{-1} bis 10^{-3} Torr ohne Verwendung von Absorptions- oder Ausfriervorrichtungen Drücke der Größenordnung 10^{-5} bis 10^{-6} Torr betriebssicher herzustellen. Die Ähnlichkeit zwischen den Bauarten der mit verschiedenen Substanzen betriebenen Hochvakuumpumpen läßt vermuten, daß relativ einfache Bauarten möglich sind, welche an ein und demselben Pumpenmodell die wechselweise Verwendung verschiedener Treibstoffe (z. B. Quecksilber oder Öl) zulassen.

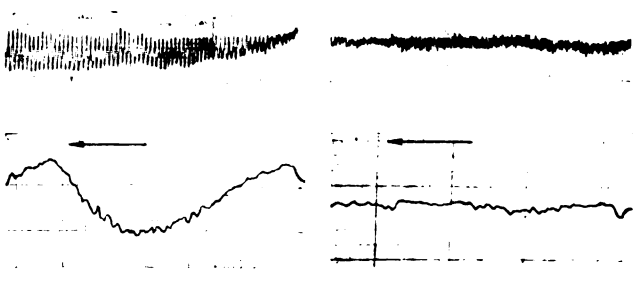
Wege und Ziele der heutigen Elektroantriebstechnik.

Von **F. Oertel VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 1416.)

621. 34

Wie an einer mit konstanter Spindeldrehzahl betriebenen Ringspinnmaschine die Fadenzüge während der Füllung einer Spule verlaufen, zeigt die Aufnahme Abb. 11a



a ohne Drehzahlregelung b mit Drehzahlregelung

Abb. 11a u. b. Fadenzugverlauf an einer Baumwoll-Ringspinnmaschine, aufgenommen mit elektrischem Fadenzugschreiber.

mit diesem Fadenzugschreiber, sowohl des Gesamtbildes für die Dauer einer Spulenfüllung als auch der Schwankungen während der einzelnen Ringbankbewegung. Das zugrundeliegende Gesetz ist in Abb. 12 näher dargestellt. Die zum

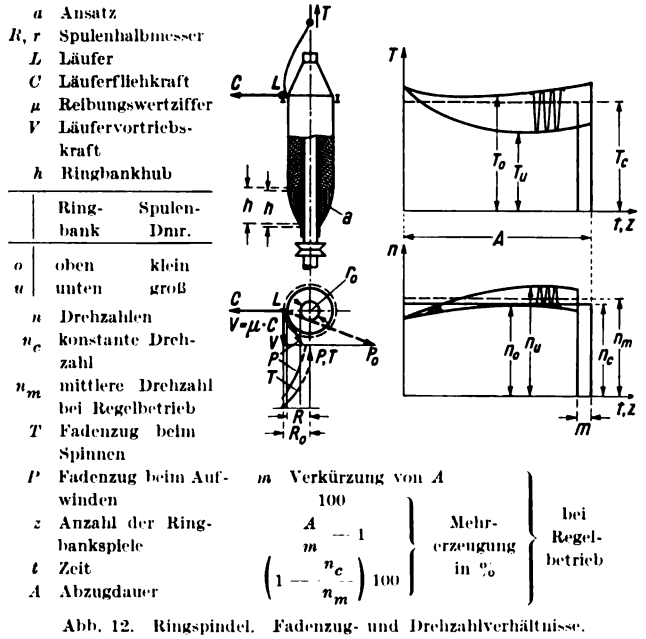


Abb. 12. Ringspindel. Fadenzug- und Drehzahlverhältnisse.

Umtrieb des Läufers auf dem Ring nötige Vortriebskraft V ist das Produkt aus Reibungsziffer μ und Läuferfliehkraft C. Sie muß durch die auf den Garnkörper übergehende Fadenstrecke aufgebracht werden; dort wird also der Fadenzug P bei Betrieb mit konstanter Spindeldrehzahl sich umgekehrt wie der Spulendurchmesser ändern, in vollem Ausmaß aber erst, sobald die Aufwindung bei Beginn der Spulenbildung, dem sogenannten Ansatz (siehe Abb. 12), von der ursprünglich rein zylindrischen zur völlig kegeligen Windungsschicht übergegangen ist. Schließlich sinken die Fadenzüge in ihrer Höhenlage entsprechend dem Kürzerwerden des Ballons beim Aufsteigen der Ringbank mit dem Fortschreiten des Spulenaufbaues allmählich ab. Die ähnliche Gesamtänderung der Fadenzüge findet sich oberhalb der Ballonspitze, wo der Fadenzugmesser angesetzt wird, wieder. So erklärt sich das in Abb. 12 rechts oben gezeichnete, durch die Messungen bestätigte Gesamtbild des Fadenzugverlaufs.

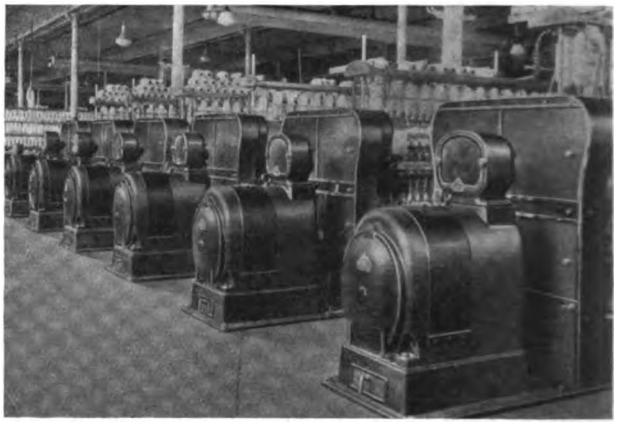


Abb. 13. Elektrischer Einzelantrieb von Baumwoll-Ringspinnmaschinen. Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotoren je 3,6 bis 7,2 kW, 380 V, 600 bis 1200 U/min mit aufgebauten Spinnreglern.

Wenn nun die Fadenzüge durch die Fliehkraftwirkung entstehen, dann muß es auch möglich sein, die Fadenzüge auf dem Wege über eine Änderung der Fliehkraft, d. h. der Spindeldrehzahl, zu beeinflussen und dadurch konstant zu halten, beispielsweise auf einen Wert T_c. Dazu hat man nur zu allen Zeitpunkten im Verlauf der Spulenfüllung, in denen der Fadenzug unter dem gewünschten Wert liegt, die Spindeldrehzahl entsprechend zu erhöhen und umgekehrt. Damit ergibt sich eine den Fadenzügen gegenläufige Folge von Spindeldrehzahlen, wie sie in dem unteren Kurvenbild rechts dargestellt sind. Eine derartige Regelung führt zu dem gewünschten Ausgleich der Fadenzüge mit den dadurch bedingten vorteilhaften Begleiterscheinungen in bezug auf die Garneigenschaften und ferner auch zu einer erhöhten Erzeugung, da die Durchschnittsdrehzahl n_m bei Regelbetrieb, wie aus den im Bild gezeigten Verhältnissen ersichtlich, über derjenigen bei konstanter Spindeldrehzahl n_c zu liegen kommt.

Zur Durchführung einer solchen Regelung ist ein Motor mit Nebenschlußverhalten erforderlich, also beispielsweise der Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor (Abb. 13), der durch einen mechanischen Regler — den aufgebauten Spinnregler — gesteuert wird. Dieser enthält zwei von der Maschine mitbewegte Kurvenscheiben, auf denen an Hebeln angebrachte Rollen arbeiten. Die so entstehenden periodischen Bewegungen werden zusammengesetzt und zur entsprechenden Steuerung der Motorbürsten-

Digitized by Google

brücke ausgenutzt. Abb. 14 zeigt die Form der so durch den Spinnregler gesteuerten (mit Schreibgerät aufgenommenen) Regeldrehzahlen, Abb. 11 b den Grad, bis zu dem das physikalische Ziel dieser Regelung nach Ausweis durch den Fadenzugschreiber gelingt.

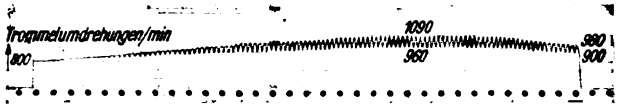


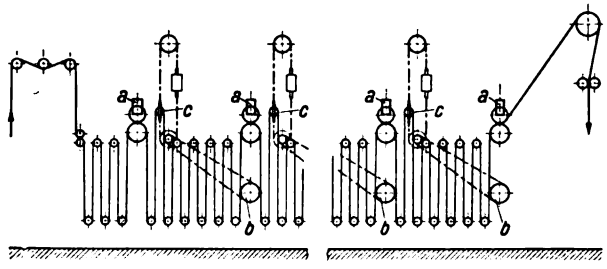
Abb. 14. Drehzahlverlauf bei einer durch Spinnregler gesteuerten Baumwoll-Ringspinnmaschine.

So ist auf dem Wege über ein elektro-technologisches Meßgerät auch bei diesem Antrieb die Möglichkeit geschaffen, die Beanspruchung des Werkstoffes bei der Verarbeitung konstant zu halten und auf die dem betreffenden Rohstoff zuträglichsten Höhe zu bringen. Auch hier ist also die erleichterte Optimumfindung grundsätzlich in ähnlicher Weise erreicht wie beim Kalander bzw. Elektrowickler. Der hochwertige Regelantrieb hat sich ebenfalls gegenüber den billigeren und weniger entwickelten Ausführungsmöglichkeiten durchgesetzt und, wie man sagen kann, in der Mehrzahl aller Ringspinnereien des In- und Auslandes. Dabei hat die elektrische Messung dreierlei Aufgaben erfüllt, zunächst einmal den technologischen Sachverhalt des Arbeitsverfahrens aufgehellt, in Zusammenhang hiermit Verbesserungsmöglichkeiten aufgedeckt und nach deren Durchführung dann den Erfolgsgrad zu überwachen und zu sichern vermocht. Technologische Forschung durch elektrische Messung — ist ein Weg, der in manchen anderen Industriezweigen schon zum Erfolg geführt hat; es sei hier erinnert an die Schnittdruckmessungen bei Drehbänken, an die Walzdruckmessungen bei Walzenstraßen, die unter Zuhilfenahme elektrischer Meßdosen durchgeführt wurden. Diese elektro-technologische Messung ist nunmehr auch auf das besonders schwierig liegende Gebiet der Faserstoffverarbeitung übertragen worden und wird auch in den übrigen Industriezweigen immer mehr zu einer Zukunftsparole werden.

Zur weiteren Bestätigung der dem Aufsatz zugrundegelegten Leitgedanken können und brauchen nicht die sonst noch reichlich vorhandenen ähnlichen Ausführungsbeispiele herangezogen zu werden. Jedoch ist die Frage, wieso und durch welche besondere Berücksichtigung der technologischen Güteanforderungen eine „ausgeweitete" Antriebsanlage wirtschaftlich sein kann, naturgemäß am ausgiebigsten an Mehrmotoren-Antrieben zu beantworten. Von diesen seien darum noch zwei Beispiele von Antriebsausrüstungen angeführt, die bei mechanisch unter gleichem Oberbegriff erfaßbarer Arbeitsaufgabe in der Durchbildung doch ein ganz verschiedenes Gesicht zeigen, und von denen das letzte einem jungen, schnell aufstrebenden Anlagengebiet zugehört und zugleich Anlaß gibt, das der allgemeinen Entwicklung elektrischer Antriebe zugrundeliegende Gesetz noch zu erweitern bzw. zu ergänzen.

Bei dem ersten Fall ist gedacht an jene Vielmaschinensätze der Fertigungszweige, in denen das Arbeitsgut in endlosen Längen anfällt und unter stetiger Verfeinerung in maschinellem Fließbetrieb zwischen Walzenpaaren hindurchgeführt wird, z. B. die Tuchveredelungs-Maschinensätze, die Papiermaschine, die kontinuierliche Walzenstraße, die Drahtziehmaschine u. a. Überall erschwert hier die Verarbeitung der Umstand, daß die Ware auf ihrem Wege durch die hintereinandergeschalteten Verarbeitungsstellen Zustandsänderungen durchmacht. Da sind Dehnungen und Schrumpfungen zu beherrschen, und wiederum liegt der Schlüssel zum Optimum der Verarbeitungsgüte darin, die Längsbeanspruchung in den Warenbahnen bei der Verarbeitung auf einem günstigsten Wert konstant zu halten. Dazu dürfen dann diese in Reihe geschalteten Fertigungseinheiten nicht mechanisch starr gekuppelt sein, sondern elektrisch dadurch, daß jede ihren eigenen Antrieb erhält und diese Teilmotoren regeltechnisch in Abhängigkeit voneinander gebracht werden. In ziemlich einfacher Weise macht sich das bei Tuchveredlungsmaschinen, da hier der Werkstoff fest genug ist, um einen Steuerungsimpuls davon abzunehmen und auf eine Steuerungseinrichtung wirken zu lassen.

Bei einer Breitwaschmaschine (Abb. 15) z. B. wird die Tuchbahn nacheinander zwischen Walzenpaaren durch Bottiche mit verschiedenen Laugen hindurchgeführt, die jeweils eine verschiedenartige Zusammenziehung, Schrumpfung der Ware zur Folge haben. Bei starrer Kupplung aller dieser Einheiten würden schädliche Zerrungen, Quetschfalten entstehen, also Ausschuß in die Ware hineinkommen. Kunstseidegewebe kann man überhaupt nur dann „breitwaschen", wenn man — wie es mit dem bekannten Ausdruck heißt — den zentralen Antrieb auflöst, um mit jedem Motor unmittelbar an seine Arbeitsstelle heranzukommen, und wenn man dieser „Wanderung des



a Gleichstrommotoren *b* Nebenschlußregler *c* Tänzerwalzen

Abb. 15. Elektrischer Mehrmotorenantrieb einer Breitwaschmaschine, selbsttätige Gleichlaufsteuerung durch Tänzerwalzen.

Motors" auch die Stromversorgung in Gestalt der Leonard-Umformung nachfolgen läßt. Mit dieser Anordnung kann man nun durch Druckknopfsteuerung den ganzen Maschinensatz bequem anfahren, auf eine beliebige, der jeweiligen Tuchart angepaßte Geschwindigkeitsebene heben und nun etwaige Spannungen in der Ware von einer Einheit zur anderen selbsttätig dadurch ausregeln, daß man sogenannte Tänzerwalzen anordnet, die mit Gewichtsbelastung bei Veränderungen im Warenlängszuge angehoben werden und den Nebenschlußregler des zugehörigen Teilmotors auf entsprechende Drehzahländerungen steuern. Es wird also jede irgendwo auftretende Tuchspannungsänderung in kurzer Zeit durch den ganzen Maschinensatz hindurch selbsttätig ausgeregelt.

Diese Form der Regelung — man könnte sie im Gegensatz zu der eingangs behandelten „Durchmesserregelung" als „Reihenregelung" bezeichnen — ist mit verhältnismäßig einfachen Mitteln bis zur letzten Stufe durchentwickelt: Der Regel- oder Steuerungsimpuls wird unmittelbar vom Werkstoff selbst abgenommen und ohne Einstellungserfordernisse zum Ausgleich der Werkstoffbeanspruchung ausgenutzt. Auch hier ist der Regelgedanke das zureichende Mittel zur Beherrschung der technologischen Güteanforderungen, womit auch die übrigen Seiten der Wirtschaftlichkeit dieses Veredelungsvorganges, die Erzeugung durch Verhütung von Ausschuß, die Bedienung durch die in der Leonard-Anordnung liegende Schaltungserleichterung günstig mitbeeinflußt werden. Dies alles begründet hinreichend, warum sich Mehrmotorenantriebe dieser Art wirtschaftlich durchgesetzt haben, trotz der erhöhten Erstellungskosten für die Aufspaltung des ursprünglich zentralen Antriebes in einzelne Teilmotoren. Das Gesamtbild einer solchen Anlage (Abb. 16) mit den unauffällig eingefügten Senkrechtmotoren — der Leonard-Umformer ist im Innern der Maschine untergebracht — bietet ein Beispiel dafür, wie der Gedanke der Elektroarbeitsmaschine auch bei Mehrmotorenantrieben dieser Art in befriedigender Weise zur Durchführung gekommen ist.

Das Gesagte gilt in größtem Ausmaß auch für den Antrieb der Papiermaschine, die zusammen mit ihrem Seitenstück aus der Metallverarbeitung, der kontinuierlichen Walzenstraße, eine der schwierigsten und umfassendsten Aufgaben für die Reihenregelung darstellt.

Digitized by Google

Ein näheres Eingehen auf ihre Arbeitsweise und heutige Antriebsdurchbildung ist hier nicht beabsichtigt. Es sei aber kurz die Tatsache berührt, daß die Lösung der Antriebsfrage mit den Mitteln der elektrischen Regeltechnik den heutigen umfangreichen, manchmal aus über 100 Teilmotoren bestehenden Antriebsausrüstungen der neuzeitlichen Papiermaschinen zur wirtschaftlichen Durchsetzung verholfen und die Papierherstellung auf eine ganz neue Ebene gehoben hat. Erst auf diesem Wege ist es möglich

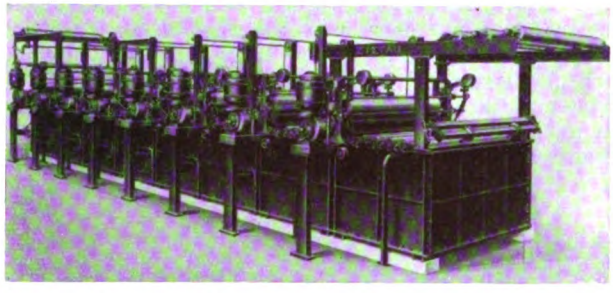


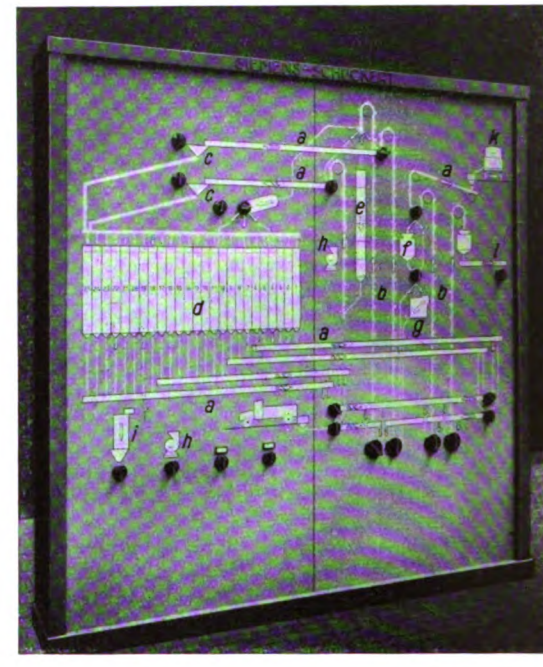
Abb. 16. Elektrischer Mehrmotorenantrieb einer Breitwaschmaschine.

gewesen, Papiermaschinen bis 6 und 8 m Breite mit Papiergeschwindigkeiten über 450 m/min zu bauen. Hier wird also eine weitere folgenreiche Auswirkung der Elektroantriebstechnik darin sichtbar, daß erst durch diese der Papiermaschinenbau zum eigentlichen Großmaschinenbau emporgeführt werden konnte, ein Sachverhalt, zu dem sich auch in anderen Industriezweigen reichliche Parallelen vorfinden.

Bei Betrachtung eines derartigen Vielmotorenantriebes wie dem der Papiermaschine liegt das Bedenken nahe, ob die unbezweifelbaren Betriebsvorzüge hinsichtlich Mengen- und Güteverbesserung nicht durch Erschwerung in der Bedienung zum Teil wieder aufgewogen werden. Diesen Gedanken aufgreifend, seien als Schlußbeispiel die Neuerungen und Bestrebungen gekennzeichnet, die darauf ausgehen, dem ständigen Anwachsen des Umfanges der Mehrmotorenantriebe ein Gegengewicht zu bieten durch eine zentralisierte Zusammenfassung der Bedienungs- und Steuerungseinrichtungen.

In größtem Ausmaß ist dies durchgeführt bei einer Gruppe von Elektroanlagen, die auch der Bauart der „technologischen Reihenschaltung“ angehören, aber mit dem Unterschiede, daß nicht wie bei der Tuch- oder Papiermaschine oder Walzenstraße die Arbeitseinheiten durch die Ware mehr oder weniger verbunden sind, sondern das Arbeitsgut in loser Schichtung oder Schüttung von einer zur nächsten Arbeitsstelle weitergefördert wird. Man könnte hier also höchstens von einer „unelastischen“ Kupplung der Arbeitseinheiten durch das Schüttgut sprechen. Das sind die unter der Bezeichnung „Folgeschaltungen“ bekannten Anlagen für Aufbereitung, Lagerung und Verteilung von Erzen, Kohlen, Formsand und vor allem von Getreide in Silos. Hier wie bei der Papier- oder Tuchmaschine haben wir es mit einem Massengut zu tun, das den hintereinanderliegenden Arbeitsstellen so zugeleitet und weitergeleitet werden muß, daß keine Störungen im Gesamtverlauf auftreten; das Ganze ist also vorwiegend eine Förderaufgabe. Bei der Tuch- oder Papierbahn geht die Förderung immer in einer Wegrichtung weiter, die Antriebslösung wird für diese empfindlichen Stoffe mit den Mitteln der Regeltechnik beherrscht. Bei den lose geschichteten Massengütern verzweigen sich die Förderwege, ein bestimmter Weg wird ausgewählt, oder gleichzeitig werden mehrere gefahren. Damit geht die Antriebslösung auf das Gebiet der Schaltungs- und Sicherungstechnik über.

Bei einem Großgetreidespeicher der in Abb. 17 angedeuteten Art bedarf es im Falle einer rein mechanischen Anlage vieler zeitraubender Begehungswege, um irgendeinen der drei in dem Bild hervorgehobenen Förderwege durch Einstellung der betreffenden Klappen, Schieber, Verteiler usw. von Hand zum Befahren vorzubereiten, und die Sicherung gegen Falschstellungen und Zerstörungen beim Anfahren des Förderweges ist bedenklich gering. Bei der vollelektrischen Betriebsform mit asynchronen, durch Schütze ferngesteuerten Antriebsmotoren werden diese Mittel elektrisch von der Schaltwarte aus verstellt, und das Ergebnis wird sofort zurückgemeldet durch Aufleuchten eines Pfeiles, und zwar in Zitter- oder Blinklicht, sofern eine Falschstellung vorgekommen war, welches erst nach Behebung des Versehens in Ruhelicht übergeht. Erst jetzt — so ist die Verriegelung der Motoren untereinander getroffen — kann der betreffende Förderweg mit all seinen Schnecken, Becherwerken usw. hochgefahren werden, wiederum unmittelbar von der Leuchtwarte aus durch einen ein-



Bezeichnungen				eingestellte Förderwege	
a	Förderbänder, Förderschnecken	*f*	Waagen	I	Einspeicherung *k—a—f—g—b—a—c—d*
b	Elevatoren	*g*	Reiniger		
c	Drehrohrverteiler	*h*	Lüfter	II	Ausspeicherung *dd—aa—b—f—l*
d	Silozellen	*i*	Staubsammler		
e	Trockner	*k*	Lastwagen	III	Umspeicherung *dd—aa—b—a—c—dd*
		l	zur Getreidemühle		

Abb. 17. Leuchtwarte für einen 3000 t-Getreidespeicher.

zigen selbsttätigen Schaltvorgang mit einstellbaren Zeitverzögerungen an jedem Motor. Diese werden so gestaffelt, daß die Motoren in einer Reihenfolge entgegengesetzt der Fördergutbewegung anlaufen, damit diese nie auf ein noch stillstehendes Fördermittel auftreffen kann, jedoch gleichgerichtet mit dem Fördergutlauf stillgesetzt werden (beim Abbrechen des Förderbetriebes oder Motorstörungen an einer Stelle), damit jeder Förderweg vor dem Auslaufen seines Antriebsmotors leergearbeitet wird.

Das äußere Kennzeichen derartiger „Folgeschaltungen“ ist die überlegene Beherrschung eines verwickelten Netzes von Förderwegen von einer Warte aus. Wiederum ist auf einem umfangreichen Sondergebiet der Großbetrieb erst durch das Fortschreiten der Elektrotechnik möglich geworden. Hier ist die „antriebstechnische Ausweitung“ der Elektroanlage geradezu Voraussetzung für ihre Absatzfähigkeit und die Erzielung des bedeutenden technisch wirtschaftlichen Fortschrittes. Das Aufkommen dieser Anlagenform, die in noch größerem Ausmaße bei der Aufbereitung von Sand, Erzen und Kohle anzutreffen ist, bedeutet eine Erweiterung desjenigen Anwendungsbereichs elektrischer Antriebe, wo der Regelmotor hinter dem Asynchron- bzw. Kurzschlußmotor zurücktritt und der Schwerpunkt der Weiterentwicklung sich vom Gebiet

Digitized by Google

der Regelung nach dem der Schaltung hin verschiebt. Das gibt Anlaß, um ein erstmalig auf der 2. Weltkraftkonferenz Berlin 1930 ausgesprochenes Grundgesetz der Entwicklung des elektrischen Antriebes nach dieser Richtung hin zu erweitern bzw. zu ergänzen.

Wenn überall, auch bei den hier besprochenen Beispielen, eine „Wanderung der Antriebsmotoren" (und oft auch der Stromversorgung mit Leonard-Schaltung!) an die einzelnen Arbeitswellen hin als allgemeines Gesetz zu erkennen war, so tritt bei den letztbetrachteten ferngesteuerten Folgeschaltungen, deren Bedeutung ja nicht auf dem Regelungsgebiet, sondern dem Schaltungsgebiet liegt, eine Art „Gegenwanderung der Schalteinrichtungen" ein, d. h. von der Arbeitsstelle weg und zum „Schaltgehirn" der Gesamtanlage hin. So lassen sich für beide Hauptbestandteile solcher Elektrogroßanlagen — den motorischen und den schaltungstechnischen Teil — die Entwicklungslinien unter einer Formel mit verschiedenem Vorzeichen zusammenfassen und vereinfachen. Auflösung der motorischen Gesamtleistung mit Zusammenziehung der Bedienungs- und Steuerungseinrichtungen — das ist etwas, was man beim rein mechanischen Antrieb für solche Großanlagen als unerreichbar zurückstellen mußte, was man dagegen mit den elektrischen Antriebsmitteln restlos durchführen konnte auf Grund der wesentlichsten physikalischen Eigenschaft der elektrischen Energie, nämlich ihrer leichten, unbegrenzten Teilbarkeit und Fortleitungsfähigkeit, die nicht, wie bei der mechanischen Energieübertragung, an eine den Verbrauchern gemeinsame Transmissionsdrehzahl gebunden ist.

Naturgemäß konnten die Erläuterungsbeispiele nicht gleichmäßig aus allen Industriezweigen gewählt werden. Das umfang- und aufgabenreiche Gebiet der Aussetz- und Umkehrantriebe (Hobelmaschine, Blockwalzwerk, Fördermaschine, Kran) wurde ganz beiseite gelassen, vielmehr wurden vorwiegend neuere Antriebsausführungen aus dem Gebiet der Dauerbetriebsfertigung und besonders dem der Faserstofftechnik in den Vordergrund gestellt, dessen Maschinen und Arbeitsverfahren besonders dazu angetan sind, allen im elektrischen Antrieb liegenden Möglichkeiten zu voller Auswirkung zu verhelfen. Zumal in der Faserstofftechnik ist eine neuere Entwicklungsrichtung des elektrischen Antriebes lebendig, nämlich die vorzügliche Regelfähigkeit der elektrischen Antriebe bei den Herstellungsgängen in erster Linie auf eine Hebung der Erzeugnisgüte anzusetzen, ein Vorgehen, bei dessem Gelingen sich von selbst die Folgeerscheinung einstellen wird, daß die hochwertigen Antriebsausrüstungen sich auf breiter Linie auch wirtschaftlich durchsetzen. So dürfte dieser Überblick ungeachtet der notwendigen Beschränkung in der Stoffauswahl immerhin zu beitragen können, die Bedeutung der heutigen Elektroantriebstechnik im Rahmen der Starkstromindustrie in das Licht zu rücken, die entwicklungsmäßig und wirtschaftlich besonders darin zu sehen ist, daß sie stärkste Antriebe nicht nur für das Fortschreiten der Elektrotechnik selbst, sondern auch für die Vervollkommnung der industriellen Arbeitsverfahren liefert.

Zusammenfassung.

Die Elektroantriebstechnik fördert wirtschaftlich und technisch die Belange der Gesamtindustrie, indem sie dort den Antriebsproblemen nachspürt, die Anregungen zur Fortschrittsarbeit den entwickelnden Stellen der Elektrowerke zubringt, und in den Gebrauchsgüterindustrien durch Schaffung hochwertiger (oft den Weg zum Großmaschinenbau erst freilegender) Antriebsausrüstungen dem allgemeinen Bedarf nach Verbesserung der mechanischen Arbeitsverfahren entgegenkommt. Hierbei wendet sich das Augenmerk von dem Bemühen um Steigerung der Erzeugung immer mehr auch einer Hebung der Fertigungs- und Erzeugnisgüte zu. Das gelingt vielfach durch folgerichtigen Ausbau der elektrotechnischen Regelverfahren auf Grund wissenschaftlicher Durchdringung der Arbeitsmaschinentechnologie mit den Hilfsmitteln der fortgeschrittenen elektrischen Meßtechnik. Die Bedienung umfangreicher Antriebsausrüstungen wird zunehmend vereinfacht durch örtliches Zusammenfassen der Schalt- und Steuerungseinrichtungen. Nach dieser Seite gewinnt das bekannte Grundgesetz der Entwicklung elektrischer Antriebe, das auf der 2. Weltkraftkonferenz Berlin 1930 für den motorischen Bestandteil ausgesprochen wurde, eine schaltungstechnische Ergänzung.

Prüffeldeinrichtungen zum Abgleich von Rundfunkgeräten bei Massenherstellung.

Von **Siegfried Janzen**, Berlin.

621. 317. 361 : 621. 396. 722. 001. 4

Übersicht. Für die Massenherstellung von Rundfunkgeräten ist die Aufstellung einer Hochfrequenz-Verteileranlage mit Zentralsender zweckmäßig. Eine solche Anlage wird im folgenden beschrieben.

Unter Abgleich eines Gerätes versteht man die Einstellung seiner Hochfrequenzschwingkreise (Vorkreise, Oszillator- bzw. Audionkreise und Bandfilter) auf eine bestimmte Sollfrequenz. Dabei steht der Drehkondensator in der Stellung, die dem Abstimmzeiger auf der geeichten Skala für diese Abgleichfrequenzen zukommt. Diese Punkte auf der Skala heißen Abgleichpunkte. Die Festlegung der Sollfrequenzen erfolgt so, daß ein möglichst idealer Gleichlauf der Kreise untereinander sowie der gewünschte Frequenzbereich auf der Skala erreicht werden. Auf der Skalenseite mit den tieferen Frequenzen liegt der L-Abgleichpunkt, denn hier läßt sich durch Änderung der Induktivität die Sollfrequenz am besten einstellen. Auf der anderen Seite finden wir den C-Abgleichpunkt, denn bei hohen Frequenzen beeinflußt die Kapazitätsänderung am stärksten die Schwingungszahl des Kreises. Bei kleinen Empfängern ist der Abgleich oft nur auf einer Seite der Skala (L oder C), bei großen Geräten auf beiden Seiten (L und C) erforderlich[1]).

Genauigkeit ist beim Abgleich oberstes Gesetz, da sonst die Empfindlichkeit, Trennschärfe und Senderübereinstimmung mit der Skala nicht befriedigen. Jedes Prüffeld, dem der Abgleich der Empfänger obliegt, muß dieser Forderung in seinen Prüfverfahren und Einrichtungen gerecht werden[2]). Die Erzeugung der erforderlichen Hochfrequenzen kann entweder durch Platz-[3]) oder Zentralsender erfolgen. Im folgenden soll eine Hochfrequenz-Verteilerschleife besprochen werden, die von einer zentralen Senderanlage aus die konstant gehaltenen Hochfrequenzen jedem Prüfplatz unmittelbar zuführt.

[1]) Näheres über Abgleich: S. Janzen und W. Schröter, „Der Abgleich im Rundfunkgeräte-Prüffeld". Veröff. Nachr.-Techn. 6 (1936) 2. Folge, Zwischenblatt 3.

[2]) S. Janzen, „Die Bedeutung des Prüffeldes für den neuzeitlichen Rundfunk-Empfängerbau". Siemens-Z. 15 (1935) S. 422.

[3]) P. Geuter und H. Fery, „Prüfen von Rundfunkempfängern am laufenden Band". ETZ 55 (1934) S. 248.

Digitized by Google

Abb. 1 zeigt den Aufbau eines Sendergestelles, in dem sämtliche Hochfrequenzsender für die einzelnen zum Abgleich benötigten Frequenzen vereinigt sind. Es ist in einem besonderen Raum aufgestellt, der durch Kupferblechschirmung vor äußeren elektrischen Störeinflüssen geschützt ist. Die Sender sind quarzgesteuert und mit einer festen Niederfrequenz moduliert. Die Schaltung geht aus Abb. 2 hervor. Die an der Schleife liegende Hochfrequenzspannung beträgt 1 bis 2 V. Eine Konstanthaltung dieser Spannung ist für den Abgleich der Geräte nicht erforderlich; dadurch läßt sich das Leitungssystem insofern vereinfachen, als man mehrere Frequenzen auf einer gemeinsamen Leitung zu den Prüfplätzen führen kann. Natürlich müssen diese Abgleichfrequenzen in ihrer

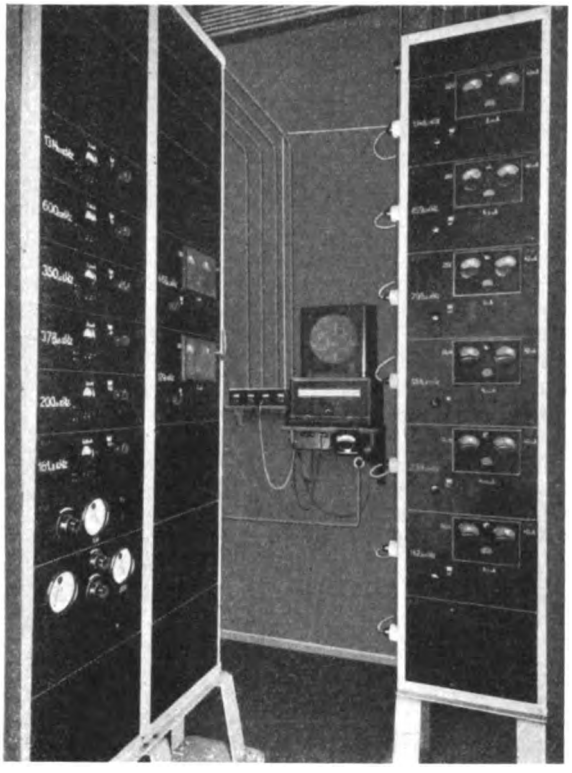
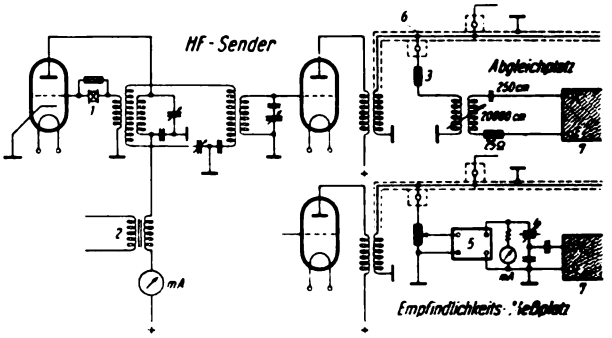


Abb. 1. Hochfrequenzsender-Gestell.

Schwingungszahl so weit voneinander entfernt sein, daß keine Schwebung im Hörbereich entsteht. Zur Erleichterung des Auffindens der jeweils vom Prüfer benötigten Abgleichfrequenz ist jede von ihnen mit einer anderen Niederfrequenz moduliert, und zwar zweckmäßigerweise die höhere Hochfrequenz mit der höheren Niederfrequenz.

Die in Abb. 2 ebenfalls dargestellte Verteilerleitung muß bis in alle Zweige elektrostatisch gut geschirmt sein. Um die einadrige Seele liegt eine Papierisolation, die von einem Metallmantel umgeben ist. Dieser ist wiederum isoliert in einem geerdeten Metallrohr verlegt. Die Verteiler-Steckdosen sind gleichfalls mit doppelten geerdeten Abschirmkapseln versehen. Dadurch wird erreicht, daß auch zwischen den Hochfrequenzen in benachbarten Leitungen keinerlei Schwebungen auftreten. Der äußere Aufbau der Steckdosen ist aus Abb. 3 ersichtlich.

Der Prüfer führt, nachdem er den abzugleichenden Empfänger in der Aufnahmevorrichtung in Betrieb genommen hat, aus der Schleife das Gemisch der festen Hochfrequenzen über ein abgeschirmtes Litzenkabel den entsprechenden Schwingkreisen zu und stimmt sein Gerät durch Drehen am Drehkondensator auf die gewünschte Senderfrequenz ab. In der Regel sind für den Kurz-, Mittel- und Langbereich je zwei Abgleichpunkte auf der Skala vorgesehen. Die Verwendung von veränderlichen Platzsendern würde dann ihre sechsmalige genaue Einstellung auf die zugehörige Hochfrequenz je Empfänger bedingen. Durch Vorhandensein der fest eingestellten Sender im Gestell und der Verteilerleitung wird die Ablesearbeit an Skala und Instrument sowie die Gefahr einer falschen Einstellung vermieden. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ergibt, daß bei Massenherstellung von Rundfunkgeräten die Anschaffung von mehreren veränderlichen Platzsendern sowie die Verlängerung der Arbeits-



1 Steuerquarz
2 Modulation
3 Anpassungswiderstand
4 kapazitiver Spannungsteiler
5 aperiodischer HF-Verstärker
6 Verteilersteckdose in Schleife
7 Rundfunkgerät

Abb. 2. Schaltung der HF-Sender und Meßplätze.

zeit durch das Einstellen der Hochfrequenz am Prüfplatz teurer werden als die einmalige Verlegung eines Leitungsnetzes von den wesentlich einfacheren Zentralsendern zu den parallel arbeitenden Prüfplätzen. Zur möglichst vielseitigen Ausnutzung eines solchen Netzes legt man hinter das Sendergestell ein Umschaltbrett, auf dem man — nach Art eines Klappenschrankes im Fernsprechbetrieb — die vom Sender kommenden und zu den Plätzen führenden Leitungen wahlweise vertauschen kann. Auf sorgfältige Abschirmung der Steckschnüre ist dabei natürlich zu achten.

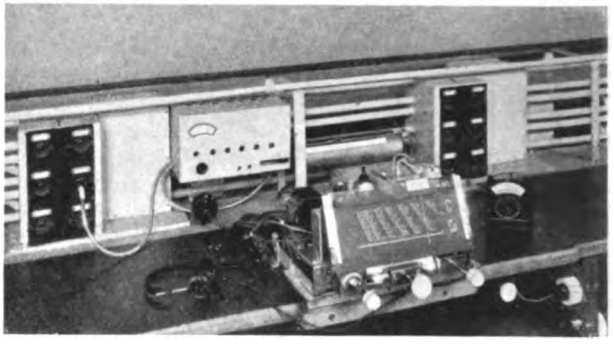


Abb. 3. Empfindlichkeitsmeßplatz.

Soll der vollzogene Abgleich durch eine Empfindlichkeitsmessung überwacht werden, so ist es nötig, den genauen Wert der hochfrequenten Eingangsspannung zu messen, die am Ausgang des Gerätes eine niederfrequente Leistung von 50 mW erzeugt. Zu diesem Zweck werden die hierfür verwendeten Meßfrequenzen in üblicher Weise mit 400 Hz 30 % moduliert und in einer Einzelleitung zu einem aperiodischen Hochfrequenz-Verstärker geführt, mit dem jeder Empfindlichkeitsmeßplatz ausgerüstet ist (siehe Abb. 2 und 3). Durch Drehen eines Potentiometers und Messen des Stromes am Instrument des Verstärkers wird an einem kapazitiven Spannungsteiler eine bestimmte Hochfrequenzspannung konstant gehalten, von der jeder Teilbetrag im Bereich von 1 µV bis 0,1 V an den Eingang des zu messenden Gerätes gelegt werden kann. An der Längsskala des Spannungsteilers liest der Prüfer den genauen Empfindlichkeitswert ab.

In gleicher Weise läßt sich auch eine niederfrequente Verteilerschleife schaffen, die von einem stetig durchlaufenden Schwebungssummer gespeist wird und zum Durchheulen von Lautsprechern und fertigen Geräten in Einzelzellen benutzt werden kann.

Digitized by Google

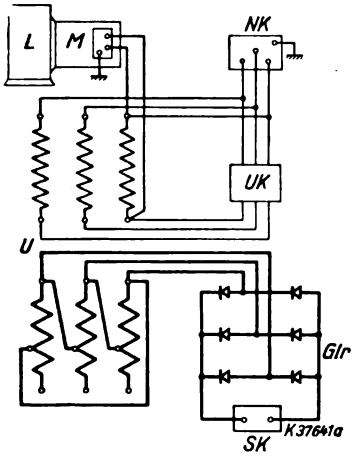
RUNDSCHAU.

Leitungen.

621. 315. 235 **Ein Kabelpflug.** — Verfasser beschreibt einen Kabelpflug mit sägeförmig ausgebildeter Schneide aus gehärtetem Stahl, die sich nach rückwärts stark verbreitert, um einen Kanal aufzunehmen, der von der Oberfläche des Schneidemessers bis zur Grundfläche führt und dazu dient, das zu verlegende Kabel einzulassen. Mit dem Kabelpflug können Kabel bis zu 60 mm äußerem Durchmesser in einer Tiefe von etwa 65 cm verlegt werden. Der untere Teil der Schneide besitzt eine Nase, die mit ihren schräg nach oben verlaufenden seitlichen Lappen dem Kabelkanal Führung und Form verleiht. Ein oberer, nach vorn überstehender Teil des Schneidemessers dient dazu, Rasen und Wurzelwerk vorweg zu schneiden, damit das Hauptmesser nicht aus seiner Bewegungsrichtung abgelenkt wird. Der Kabelpflug wird von einer Winde, die von einer Zugmaschine angetrieben wird, streckenweise herangeholt, wobei das Kabel gleichzeitig verlegt wird. Je nach der Bodenbeschaffenheit können etwa 8 bis 20 m Kabel in der Minute eingebettet werden. [B. E. Greenwell, Bt., Electr. Rev., Lond. 118 (1936) S. 776.] *Hrr.*

Apparate und Stromrichter.

621. 314. 63 : 621. 791. 75 **Ein neuer Schweißgleichrichter.** — Der neue Schweißgleichrichter vereinigt die schweißtechnischen Vorteile umlaufender Gleichstrom-Schweißumformer mit den betrieblichen Vorzügen der ruhenden Wechselstrom-Schweißumspanner in einem einzigen Gerät. Er besitzt daher die guten Schweißeigenschaften des Gleichstromes, erfordert keine Unterhaltungskosten und gestattet das Verschweißen aller Elektrodenarten in jeder Lage mit günstigem Erfolge. Der Schweißgleichrichter ist besonders gekennzeichnet durch geringen Leerlaufverbrauch, gleichmäßig guten Wirkungsgrad bei allen Belastungen und verhältnismäßig hohen Leistungsfaktor. Er wird dreiphasig an das Drehstromnetz angeschlossen und ergibt in jedem Falle eine gleichmäßige Belastung der drei Netzphasen.



Glr Trockengleichrichter
L, M Lüfter und Motor
NK Netzanschluß-Klemmbrett
SK Schweißanschluß-Klemmbrett
U Umspanner
UK Umschaltklemmbrett

Abb. 1. Schaltbild des Schweißgleichrichters.

Der Schweißgleichrichter (Abb. 1) ist ein dreiphasiger Streuumspanner mit völlig stufenlos regelbarer Kurzschlußspannung, an dessen Niederspannungswicklung Trockenventilzellen angeschlossen sind. Der dreiphasige Anschluß gewährleistet eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der Schweißbelastung auf die drei Netzphasen. Zur Gleichrichtung des Wechselstromes in jeder der drei Phasen dienen Metall-Trockengleichrichter, die den Vorzug mechanischer Festigkeit und unbegrenzter Lebensdauer haben. Die völlig stufenlose Regelung des Schweißstromes erfolgt durch Verschiebung des Streueisens mittels eines Handrades ohne Umschaltung über den ganzen Regelbereich von 17 bis 200 A, wobei die Höchststromstärke mit 100 % Einschaltdauer benutzt werden kann. In schweißtechnischer Beziehung ist der Schweißgleichrichter ausgezeichnet durch einen kurzen, stabilen Lichtbogen, der auch das Schweißen an senkrechter Wand und über Kopf erleichtert. Eine hohe elektrische Trägheitslosigkeit bewirkt den schnellsten Anstieg von Spannung und Strom nach Unterbrechung des Kurzschlusses und ermöglicht sofortiges Zünden des Lichtbogens ohne Abreißgefahr und ohne Kleben der Elektrode. Da keine Strompendelungen auftreten, brennt der Lichtbogen gleichmäßig und ruhig, und die Spritzverluste werden auf das geringste Maß herabgemindert. Eine stark verringerte Blaswirkung erleichtert besonders das Schweißen in Ecken und Winkeln. Weitere Vorzüge des Schweißgleichrichters sind sein niedriger Anschlußwert, geringer Leerlaufverbrauch von nur etwa 0,65 kW, verhältnismäßig hoher Leistungsfaktor von 0,65 bis 0,83 zwischen Leerlauf und Vollast, gleichmäßig guter Wirkungsgrad bei allen Belastungen, der Fortfall von Wartungs- und Instandhaltungskosten, die unbegrenzte Lebensdauer und dadurch höchste Betriebssicherheit. [R. Hofmann, AEG-Mitt. (1936) S. 334.] *Knr.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

621. 317. 785 **Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 419[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System 194 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

I. Zusatz zu System 194, die Formen D 17 A, ZD 17 A, D 17 A 50, ZD 17 A 52, D 17 Am, ZD 17 Am, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System 194, die Formen D 17 P und ZD 17 P, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft** in **Nürnberg.**

Berlin-Charlottenburg, den 5. August 1936.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
I. V.: Gehrcke."

Beschreibung[2]):

Zu I.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 411[3]) vom 23. Mai 1936 als System 194 zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom der Formen D 17 (Einfachtarifzähler) und ZD 17 (Zweifachtarifzähler) werden auch in etwas geänderter Ausführung unter den Formbezeichnungen D 17 A bzw. ZD 17 A hergestellt. Die Änderungen bestehen darin, daß die Windungszahlen der Stromspulen und die Drehzahlen der Zähler erhöht sind. Die Zähler können für Nennstromstärken von 1,5 bis 100 A, für Nennspannungen bis 650 V und für Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz beglaubigt werden.

Die Zähler können auch beglaubigt werden, wenn sie mit einer Kontaktvorrichtung für Fern- und Summenmeßzwecke ausgerüstet sind. Die Zähler dieser Ausführung führen die Formbezeichnung D 17 A 50 bzw. ZD 17 A 52.

Endlich können die Zähler der Formen D 17 A bzw. ZD 17 A auch dann beglaubigt werden, wenn sie mit einem Maximumzeiger ausgerüstet sind. Sie führen in dieser Ausführung die Formbezeichnungen D 17 Am bzw. ZD 17 Am. Der Maximumzeiger soll den höchsten Mittelwert der Belastung über eine bestimmte Zeitspanne (Meßperiode) zur Anzeige bringen, der innerhalb eines bestimmten längeren Zeitabschnittes (Ableseperiode des Zählers) aufgetreten ist. Diese Zähler sind so aufgebaut, daß die Umdrehungen des Zähleranker außer auf das nor-

[1]) Reichsministerialblatt 1936 S. 262.
[2]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 419 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.
[3]) ETZ 57 (1936) H. 41, S. 1184.

Digitized by Google

male kWh-Zählwerk über ein Zahnradvorgelege auf einen Mitnehmer übertragen werden, der bei seiner Drehung einen mit Friktion auf seiner Achse sitzenden Zeiger (Maximumzeiger) vor sich herschiebt. Die Drehgeschwindigkeit des Mitnehmers ist der Umdrehungsgeschwindigkeit des Zählerankers und damit der jeweiligen Zählerbelastung proportional. Bei seiner Vorwärtsbewegung spannt der Mitnehmer gleichzeitig eine Spiralfeder. Am Ende jeder der Meßperioden, für die der Zähler eingerichtet ist, z. B. 15, 30 o. dgl. Minuten, werden zwei in die Übertragung zwischen Zähleranker und Maximumzeiger eingeschaltete Kupplungsräder kurzzeitig entkuppelt, so daß der Mitnehmer durch die gespannte Feder wieder in die Nullage zurückgeführt wird. Der über eine Anzeigeskala laufende Maximumzeiger bleibt dagegen an der Stelle stehen, auf die er von dem Mitnehmer geschoben worden ist. Die Kupplung der Kupplungsräder wird durch ein eingebautes, dauernd erregtes Relais bewirkt. Am Ende jeder der Meßperioden wird das Relais mittels einer vom Zähler getrennten, mit ihm zusammengeschalteten Uhr für eine kurze Zeit kurzgeschlossen, wodurch die Entkupplung herbeigeführt wird. Der Maximumzeiger kann ohne Öffnen des Zählers am Ende der jeweiligen Ableseperiode, z. B. eines Monats, auf Null zurückgestellt werden, ohne daß der Gang des Zählers selbst oder die Angaben am kWh-Zählwerk beeinflußt werden können.

Die untersuchten Zähler der Form D 17 A hatten ein Drehmoment von etwa 16,5 cmg bei Nennlast. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht ergab sich zu 84 g, die Drehzahl der Zähler bei Nennlast zu 36 bis 38 U/min. Der Eigenverbrauch im Stromkreis betrug etwa $2 \cdot 0{,}43$ W bei 5 A Nennstromstärke und etwa $2 \cdot 1{,}10$ W bei 20 A Nennstromstärke bei der Frequenz 50 Hz. Der Eigenverbrauch im Spannungskreis belief sich auf etwa $2 \cdot 1{,}22$ W bei 110 V Nennspannung und auf etwa $2 \cdot 1{,}45$W bei 650 V Nennspannung bei der Frequenz 50 Hz.

Zu II.

Die Zähler der Formen D 17 und ZD 17 werden auch in einer weiteren geänderten Ausführung unter den Formbezeichnungen D 17 P bzw. ZD 17 P hergestellt. Diese Zähler können für Nennstromstärken von 1,5 bis 100 A, für Nennspannungen bis 650 V und für die Nennfrequenz 50 Hz beglaubigt werden. Die Änderungen bestehen im wesentlichen in folgendem:

1. Die Windungszahlen der Stromspulen sind erhöht, die der Spannungsspulen erniedrigt.
2. Der Anker ist leichter.
3. Die Zähler sind mit einer Arretiervorrichtung versehen.
4. Einer der beiden Magnete ist ein Kobaltstahlmagnet. Der andere Magnet ist mit einer Feineinstellvorrichtung ausgerüstet.

Die untersuchten Zähler hatten ein Drehmoment von etwa 16,9 bis 17,4 cmg bei Nennlast. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,2 bis 0,3 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht ergab sich zu 55 g, die Drehzahl der Zähler zu 28 bis 30 U/min. Der Eigenverbrauch in den Spannungskreisen ergab sich zu etwa $2 \cdot 1{,}40$ W bei 110 V Nennspannung und zu etwa $2 \cdot 1{,}71$ W bei 650 V Nennspannung. Der Eigenverbrauch in den Stromkreisen belief sich auf etwa $2 \cdot 0{,}45$ W bei 5 A Nennstrom und auf etwa $2 \cdot 1{,}08$ W bei 20 A Nennstrom.

„Bekanntmachung Nr. 420[1]):

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. Juni 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System $\boxed{\frac{}{36}}$ folgende Stromwandlerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System $\boxed{\frac{}{36}}$, die Formen BLF 1 und BLF 3b,

Stromwandler für einphasigen Wechselstrom,

hergestellt von der **Koch & Sterzel A.-G.** in **Dresden.**

Berlin-Charlottenburg, den 10. August 1936.

Der Präsident

der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

I. V.: Gehrcke."

[1]) Reichsministerialblatt 1936, S. 266.

Beschreibung[1]):

Die durch die Bekanntmachung Nr. 410[2]) vom 12. Mai 1936 unter dem Systemzeichen $\boxed{\frac{}{36}}$ zur Beglaubigung zugelassenen Stromwandlerformen der Firma Koch & Sterzel A.-G. in Dresden erhalten die geänderten Formzeichen BLF 1 an Stelle von LF 1k und BLF 3b an Stelle von LF 3b. Die Ausführung der Wandler bleibt unverändert.

621. 319. 4 : 621. 317. 335 : 621. 317. 384 **Kapazitäts- und Verlustmessungen an Kleinkondensatoren.** — Die Herstellung einer selbsttätigen, direkt schreibenden Wechselstrom-Meßbrücke zur Aufzeichnung der Kapazitätsänderung ΔC und des Verlustfaktors $\operatorname{tg}\delta$ von kondensatorartigen Meßobjekten („C-$\operatorname{tg}\delta$-Schreiber"[3]) macht es möglich, die bisher mühsam mit der Schering-Brücke punktweise ermittelten Kennlinien in außerordentlich kurzer Zeit aufzuschreiben. Über derartige Messungen an Hochspannungskabeln ist in früheren Arbeiten[4]) berichtet worden. Dort liegen die Verhältnisse einfach, weil man es auch bei kurzen Stücken mit großen Kapazitäten, hohen Spannungen und deshalb auch nicht unbeträchtlichen Verlusten zu tun hat. Viel schwieriger ist die Messung bei Kleinkondensatoren, z. B. Störschutzkondensatoren für Niederspannung, weil bei ihnen die Leistung um etwa zwei Zehnerpotenzen geringer ist als bei einem Kabelstück von 10 m Länge. — G. Keinath berichtet über verschiedenartige Untersuchungen an Kleinkondensatoren, die mit dem „C-$\operatorname{tg}\delta$-Schreiber" ausgeführt wurden. Die wiedergegebenen Kennlinien, die ΔC und $\operatorname{tg}\delta$ als Funktion der Betriebsspannung bzw. Einschaltdauer darstellen, zeigen, wieviel mehr Erkenntnisse das neue Meßverfahren bringen kann als die bisher übliche punktweise Messung. Allerdings ist es heute noch nicht möglich, die zum Teil sehr merkwürdigen Ergebnisse dieser Versuche, vor allem die eigentümlichen Änderungen der Kapazität und der Verluste mit der Spannung bei den verschiedenen Bauweisen dieser Kondensatoren schon deuten zu können. Dazu bedarf es noch sehr eingehender Studien der Hersteller, die am besten Aufschluß bringen können. Sicher ist aber, daß mit dem neuen Schreibgerät ein Werkzeug geschaffen worden ist, das in wenigen Jahren für die Betriebsforschung unentbehrlich sein wird. [G. Keinath, Arch. techn. Mess. (1936) Lfg. 62, V 339—17.] *Ggr.*

621. 317. 361. 083. 5 **Zeiger-Frequenzmesser, Kompensations-Frequenzschreiber mit Nullmotor.** — Im Anschluß an eine frühere Arbeit[5]), in der ein Überblick über die bisher bekannten Ausführungsformen der als Zeigerinstrumente ausgebildeten Frequenzmeßgeräte gegeben worden ist, beschreibt W. Geyger einen „absoluten" Präzisions-Frequenzschreiber, bei dem eine frequenzempfindliche Kompensationsschaltung durch ein gleichzeitig als Nullindikator und Umkehrmotor (als „Nullmotor)[6]) wirkendes Induktionszähler-Meßwerk selbsttätig abgeglichen wird. Die Anzeige des Frequenzmessers kann aus den Daten der Schaltung (Abwandlung der Wien-Robinson-Brücke)[7]) mit der Genauigkeit der in ihr enthaltenen Widerstands- und Kapazitätswerte (Manganin-Widerstände und keramische Kondensatoren)[8]) berechnet werden. Die jeweilige Abweichung von der Nennfrequenz wird hier an einer vom Nullmotor gesteuerten Schleifdrahtanordnung als Ausschlagwinkel eines Schleifkontaktes linear abgebildet und durch eine mit dem Schleifkontakt mechanisch gekuppelte Schreibvorrichtung mit Tintenschrift fortlaufend aufgezeichnet. Die in Betracht kommenden Einflußgrößen (Spannungs-, Wellenform-, Temperatur- und Fremdfeldeinfluß) und die Eigenschaften der Meßanordnung (Eigenschaften des im Nullzweig liegenden Röhrenverstärkers, Skalenverlauf, Skalenumfang und Meßgenauigkeit) werden ausführlich behandelt. Die

[1]) Auszug aus dem Sonderdruck über die Bekanntmachung Nr. 420 der PTR. Zu beziehen durch die Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin.

[2]) ETZ 57 (1936) H. 41, S. 1184.

[3]) W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 842; Arch. techn. Mess. (1936) J 924-1.

[4]) G. Keinath, Arch. techn. Mess. (1935) V 339-14 u. V 339-15; ETZ 57 (1936) H. 4, S. 86; Elektrotechn. u. Maschinenb. 54 (1936) S. 289 u. 304.

[5]) W. Geyger, Arch. techn. Messen V 3612—3 (August 1935).

[6]) W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 842.

[7]) M. Wien, Ann. Physik 44 (1891) S. 689; C. Robinson, Post Office electr. Engr. J. 16 (1923) S. 171; vgl. auch J. Kronert: Meßbrücken und Kompensatoren, Bd. I S. 175, München: R. Oldenbourg 1935.

[8]) H. Handrek, Z. Hochfrequenztechn. 43 (1934) S. 73; L. Rhode, Z. techn. Physik 15 (1934) S. 613.

Digitized by Google

Meßgenauigkeit des neuen Frequenzschreibers ist sehr groß; unter Berücksichtigung aller Einflußgrößen ergibt sich im ungünstigsten Falle ein Gesamtfehler von etwa $^1/_{100}$ Hz = 0,02 %. Die Empfindlichkeit des Gerätes kann so gewählt werden, daß die ganze Skala bzw. der ganze Schreibstreifen nur $^4/_{10}$ Perioden umfaßt (Meßbereich 49,8 bis 50,2 Hz). Drei Frequenzdiagramme (BEWAG-Netz) sind beigefügt, die bei dieser hohen Empfindlichkeit mit einem Papiervorschub von 60 mm/h, 240 mm/h und 120 mm/min aufgenommen wurden. [W. Geyger, Arch. techn. Messen 1936) Lfg. 36, V 3612.] *eb.*

Elektrowärme.

621. 364. 5. 001. 4 **Kochversuche mit Kochgefäßen verschiedener Größe.** — Beim Kochen auf elektrischen Kochplatten wurde bisher vielfach der Standpunkt vertreten, daß Kochtopf und Kochplatte möglichst gleichen Durchmesser haben sollen, da die Verwendung nichtpassender Töpfe einen Strommehrverbrauch bedingt. In der Materialprüfanstalt des Schweizer Elektrotechnischen Vereins sind nunmehr erneut eingehende Messungen über diese Zusammenhänge durchgeführt worden, wobei jeweils Wasser in Töpfen verschiedenen Durchmessers von 20 bis 95 ° C erwärmt wurde. Während der Versuche wurde die Leistung der Kochplatten konstant gehalten. Für die Messungen an einer Kochplatte von 22 cm Dmr. und 1800 W Leistungsaufnahme sind die Ergebnisse in nachstehender Zahlentafel aufgeführt; dabei wurde jeweils der Stromverbrauch bei gleichem Topf- und Plattendurchmesser gleich 100 % gesetzt.

Wassermenge	Platte	Topfdurchmesser in cm 22	24	20	16
0,5 l	kalt	100%	110%	100%	110%
	warm	100%	115%	104%	119%
1 l	kalt	100%	107%	101%	115%
	warm	100%	112%	102%	123%
2 l	kalt	100%	108%	102%	—
	warm	100%	107%	103%	—

Die Versuche wurden einmal beginnend bei kalter Platte, einmal ausgehend von warmer Platte mit einer Wassermenge von 0,5, 1, 1,5 und 2 l durchgeführt. Man erkennt deutlich, daß die Verwendung von Töpfen, die bis zu 2 cm größer oder kleiner sind, kaum einen nennenswerten Mehrverbrauch bringt, so daß man also ohne Bedenken auch Töpfe etwas abweichenden Durchmessers bei der Elektroküche verwenden kann. Die Messungen stellen eine wichtige Bestätigung der bereits 1929 von Mörtzsch durchgeführten Untersuchungen dar[1]). Als praktische Schlußfolgerung aus diesen Versuchen ist anzuführen, daß man ohne weiteres gelegentlich auch einmal einen kleinen Topf auf eine große Kochplatte stellen darf, ohne sofort eine wesentliche Erhöhung der Stromrechnung befürchten zu müssen. [Mitt. der Materialprüfanstalt des SEV, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 565.] *Mö.*

621. 364. 036. 64 **Die Schlauchelektrode zur Lichtbogenschweißung von Kupfer.** — Während die elektrische Bogenschweißung von Eisenmetallen schon einen so hohen Stand der Vervollkommnung erreicht hat, daß heute diese Verbindungsart auch bei hoch beanspruchten Bauteilen angewandt wird, befindet sich die elektrische Bogenschweißung bei der Verbindung von Nichteisenmetallen erst im Anfangszustand. Doch auch hier sind in jüngster Zeit sehr erfolgversprechende Fortschritte erzielt worden. Zunächst bei Aluminium, Nickel und dessen Legierungen, und nun auch bei Kupfer. W. Lessel entwickelte nämlich eine Elektrode, die mit mehreren Schichten umhüllt ist und nun eine einwandfreie Schweißung von Kupfer mittlerer Wandstärken gestattet. Der Lichtbogen muß im Gegensatz zur bisherigen Gepflogenheit sehr lang (bis 20 mm) gehalten werden, die Elektrodenseele fließt dann aus der Umhüllung, wie aus einem Schlauch, ununterbrochen (nicht tropfenweise, wie die Stahlelektrode) heraus, der Bogen bildet ein Rohr aus Schutzgas, und das Werkstück, welches bei Beginn der Schweißung (etwa durch Kohlebogen) angewärmt werden muß, wird unter dem Rohrbogen flüssig, so daß eine gute Bindung mit dem Zusatzmetall stattfindet. Der Rohrbogen wird nicht abgelenkt und tanzt nicht, so daß auch senkrechte Schweißungen möglich sind. Nach den veröffentlichten Güteziffern und Schliffbildern der Schweißproben ist die neue Schweißung der bisherigen Azetylen-Sauerstoff-Schweißung mindestens gleichwertig, hat aber gegenüber dieser gewisse Vorzüge, wie schnelleres Arbeiten, keine Verluste und Unzuträglichkeiten durch Wärmeabfluß, keine Gefahr der Oxydulbildung und Gasaufnahme des Schmelzbades. Die praktische Erprobung der Neuheit ist u. a. bei der Reichsbahn schon seit über einem Jahr erfolgreich, besonders bei der Schweißung von Stehbolzen und Rohren an kupfernen Feuerbuchsen. Übrigens lassen sich auch Schlauchelektroden mit Bronzeseele in gleicher Weise verschweißen. Die Erfindung erscheint sehr erfolgversprechend, zumal im In- und Auslande etwas ähnliches bisher nicht bekannt wurde. [A. Natting u. W. Lessel, Elektroschweißg. 7 (1936) S. 161.] *J. C. F.*

[1]) F. Mörtzsch: Elektrisches Kochen, S. 14, Berlin: Julius Springer 1932.

Verkehrstechnik.

621. 335. 4. 033. 91 (73) **Oberleitungsomnibusse in den V. S. Amerika.** — Die Verbreitung der Oberleitungsomnibusse in den V. S. Amerika hat durch Bestellungen von insgesamt 448 Fahrzeugen in den ersten 6 Monaten des Jahres 1936 einen sprunghaften Aufstieg erfahren. Man schätzt, daß am Ende des Jahres sich die Zahl der im Betrieb befindlichen Oberleitungsomnibusse gegen Ende 1935 verdoppelt haben wird. Die neu bestellten Fahrzeuge haben meist 36 bis 40 Sitzplätze, Wagenlängen bis zu 12 m und eine Wagenhöhe von 2800 mm. Das Gewicht beträgt im Mittel 9 t oder 220 kg je Sitzplatz. Alle Fahrzeuge haben elektrische Heizung, die Lüftung des Wageninneren geschieht teils durch elektrisch angetriebene Lüfter, teils durch Ausnutzung des Winddruckes. Die elektrischen Ausrüstungen unterscheiden sich wenig von bisherigen Ausführungen. Unter den bestellten Oberleitungsomnibussen sind sieben für Montreal, die nach englischen Vorbildern gebaut werden und einige Abweichungen von der amerikanischen Bauweise aufzeigen. Bei diesen ist die ganze elektrische Ausrüstung hinter den Triebrädern unter dem Wagenkasten eingebaut, und zwar in einem besonderen Rahmen, der als Ganzes herausgezogen werden kann. Als einzige in den V. S. Amerika und Kanada haben diese Wagen ferner elektrische Kurzschluß- und Nutzbremsung. 100 der bestellten Wagen sind für zwei Antriebsarten eingerichtet[1]), die als gas-elektrische und als Oberleitungsomnibusse fahren können. Beim Verlassen der Oberleitungsstrecke werden die Stromabnehmer durch einen Elektromotor abgezogen, das Wiederanlegen an die Oberleitung muß von Hand geschehen. Außer den bereits bestellten 448 Omnibussen sind Angebote auf insgesamt über 100 Wagen eingefordert, viele Bahngesellschaften planen die Umwandlung bestehender Linien mit anderen Verkehrsmitteln in solche für Oberleitungsomnibusse. Diese Entwicklung zeigt das unaufhaltsame Vordringen des Oberleitungsomnibusses als Verkehrsmittel amerikanischer Großstädte. [Transit J. 80 (1936) S. 236.] *Dtt.*

621. 335. 4. 033. 11 (73) **Neue amerikanische Straßenbahnausrüstungen.** — Um mit anderen Straßenverkehrsmitteln Schritt zu halten, werden neue Straßenbahnwagen in den V. S. Amerika mit starken Motoren ausgestattet und erhalten Steuerungen, die eine hohe, aber sanfte Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung ermöglichen. Von der Industrie wurden hierfür Leichtgewichtsmotoren mit einer Stundenleistung von 40 kW bei 300 V und 1670 U/min gebaut. Sie werden in der Längsachse der Drehgestelle eingebaut, wobei ihre Gehäuse einen Teil der Querstreben der Drehgestellrahmen bilden. Reine Kühlluft für die selbstlüftenden Motoren wird an seitlichen Öffnungen des Wagens in größerer Höhe vom Erdboden eingeführt. Vier derartige Motoren erteilen einem Wagen von 17,5 t Gesamtgewicht eine Beschleunigung von 1,8 m/s² auf der Ebene. Bei einem Halteabstand von 200 m und 7 s Haltezeit erhält man eine Reisegeschwindigkeit von 22 km/h. Die vielstufige Steuerung folgt selbsttätig den Stellungen des fußbetätigten Fahrschalters. Auf Reihen-Parallelschaltung der Motoren wird der größeren Einfachheit der Schaltung wegen verzichtet, die Motorfelder sind jedoch

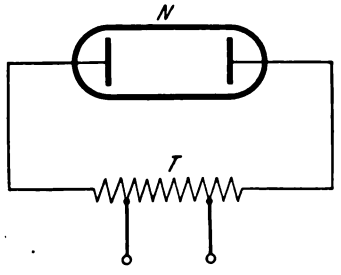
[1]) Siehe ETZ 57 (1936) S. 948.

Digitized by Google

auf den letzten Fahrstellungen geschwächt. Eine Rangierstufe ist vorhanden. Beim Ausschalten wird ein Dämpfungswiderstand in den Motorkreis eingelegt, ehe das Hauptschütz öffnet. Die Bremsung wird durch eine Vereinigung von Kurzschluß-, Magnet- und Luftdruckbremsen erzielt. Bei der Kurzschlußbremsung werden die Motorfelder zuerst durch Batteriestrom erregt. Die Bremsverzögerung beträgt 2,1 m/s², bei einer Notbremsung mit allen Bremseinrichtungen bis zu 4 m/s². Beim Niedertreten des Bremshebels treten nacheinander die Kurzschlußbremse, die Magnetbremsen und zuletzt die Druckluftbremse in Tätigkeit. Die Druckluftbremse bleibt jedoch außer Betrieb, solange die Kurzschlußbremse wirkt und die Wagengeschwindigkeit größer als 8 km/h ist. In der tiefsten Stellung des Fußhebels, der Notbremsstellung, kann dieser verriegelt werden, so daß in höchster Not der Führer seinen Platz verlassen kann. Auch in einer Druckluft-Bremsstellung kann der Fußhebel festgestellt werden. Die Hilfsspannung von 32 V wird von einem Motorgenerator erzeugt, von dessen Welle gleichzeitig der Druckluftverdichter und ein Lüfter für Lüftung der Fahrwiderstände und für Heizung und Lüftung des Wagens angetrieben werden. [Transit J. 80 (1936) S. 224.] *Dtt.*

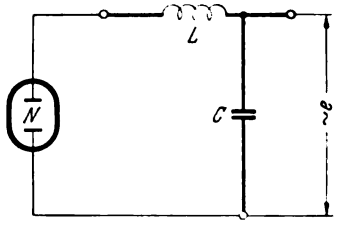
Fernmeldetechnik.

621. 396. 823 : 621. 327. 44 **Rundfunkstörungen durch Natriumdampflampen.** — Beim Betrieb von Gasentladungs-Lichtquellen an Wechselstrom können hochfrequente Schwingungen entstehen, die u. U. zu Rundfunkstörungen Veranlassung geben. Diese Schwingungen haben ihre Ursache in dem in jeder Periode zweimal auftretenden Zündvorgang. Es hat sich aber auch gezeigt, daß beim Brennen von Natriumdampflampen an Gleichstrom Rundfunkstörungen auftreten können. Da der Zündvorgang hier nur beim Einschalten auftritt, kommen nur ständige hochfrequente Schwingungen als Störungsquelle in Betracht. Eine mit Hilfe der Kathodenstrahlröhre durchgeführte nähere Untersuchung der Störungen an Natriumdampflampen, die mit 24 V Gleichstrom betrieben wurden, aber mit wechselstromgeheizten Kathoden versehen waren, ergab, daß zwei verschiedene Schwingungsarten A und B vorliegen. Die Schwingungsart A, die stark moduliert ist mit der Frequenz des Heizstromes, enthält Komponenten zwischen $\lambda = 200$ bis $\lambda = 600$ m. Diese Komponenten liegen bei bestimmten ziemlich scharf definierten Wellenlängen. Aus der Tatsache, daß in manchen Fällen der Frequenzunterschied zweier aufeinanderfolgender Komponenten konstant war, ist zu schließen, daß auch Schwingungen größerer Wellenlängen (bis 30 000 m) vorhanden sind. Die Schwingung A wird stärker bei steigender Bogenstromstärke, nimmt aber mit steigender Heizstromstärke der Kathoden ab. Sie wird als Schwingung von positiven Ionen in der Entladungsbahn gedeutet. Die Schwingung B, die ebenfalls zwischen 200 und 600 m Wellenlänge liegt, hat ein mehr stetiges Frequenzband. Da bei Beseitigung dieser Störung durch einen Kondensator die Länge der Anschlußdrähte eine große Rolle spielte, ist anzunehmen, daß die Schwingung B auch einen Ultrakurzwellen-Bestandteil enthält. Die Schwingung B verhält sich hinsichtlich der Beeinflußbarkeit durch die elektrischen Daten der Entladung gerade umgekehrt wie die Schwingung A. Sie nimmt einmal mit steigender Heizstromstärke zu und mit steigender Bogenstromstärke ab. Sie wird als eine Elektronenschwingung, und zwar als eine Barkhausen-Kurz-Schwingung angesehen. Die Unterdrückung der hochfrequenten Schwingungen ist verhältnismäßig leicht möglich. Bei Gleichstromlampen genügte ein Kondensator von 2 µF. Bei Serienschaltung mehrerer Lampen in einer Freileitung wurde die Schwingung bevorzugt, auf die die Leitung „abgestimmt" war. Es empfiehlt sich daher, an Stelle der Freileitung Erdkabel zu verlegen, da hierbei die Strahlung geringer ist. Zur Entstörung genügt dann evtl. ein einfaches Störfilter, das den Übergang der hochfrequenten Schwingungen zum Netz verhindert. Bei an Wechselstrom brennenden Na-Lampen wird meist Parallelschaltung angewandt. Die Entstörung erfolgt hier in der in Abb. 2 oder Abb. 3 gezeigten Weise. Bei der in Abb. 2 gewählten Schaltung wird jede Lampe über einen Spartransformator an das Netz angeschlossen, und zwar so, daß an beiden Polen der Lampe die letzten Windungen des Trafos als Hochfrequenzdrossel wirken. In Abb. 3 wird die Störbefreiung durch eine Selbstinduktion von etwa 4 mH und einen Kondensator von etwa 0,01 µF erreicht. [L. Block, Philips techn. Rundsch. 1 (1936), S. 87.] *M. W.*



N Natriumdampflampe
T Autotransformator

Abb. 2. Entstörung von Na-Dampflampen mit Hilfe eines Spartransformators.



C Blockkondensator rd. 0,01 µF
N Natriumdampflampe
L Selbstinduktion rd. 4 mH

Abb. 3. Störbeseitigung an mit Wechselstrom betriebenen Na-Dampflampen durch Selbstinduktion und Kapazität.

621. 396. 62 **Das „Kammermusikgerät".** — Abweichend von der üblichen Entwicklungsrichtung in der Rundfunk-Empfängertechnik war bereits im Vorjahr ein Empfangsgerät geschaffen worden, in dem vor allem die Forderung nach naturgetreuer Sprach- und Musikwiedergabe berücksichtigt war. In seiner hochfrequenztechnischen Leistung war dieses Kammermusikgerät I auf den Orts- und nahen Bezirksempfang abgestimmt. Gleichzeitig mit dem Bestreben, das Gerät auch für Fernempfang mit höherer Empfindlichkeit auszustatten, hat die erbauende Firma eine Steigerung der hochfrequenz- und niederfrequenztechnischen sowie akustischen Leistungen in Angriff genommen. Die vielseitigen Schwierigkeiten, die sich der Lösung dieser Aufgabe wie überhaupt der Schaffung solcher Musikgeräte entgegenstellen, beruhen darauf, daß hauptsächlich folgende drei Eigenschaften zu berücksichtigen sind: 1. Breite des Frequenzbandes (hochfrequent, niederfrequent und akustisch), 2. nichtlineare Verzerrungen und 3. Freiheit von Nebengeräuschen. Die Frequenzbreite der Rundfunkübertragungen ist durch den geringen Frequenzabstand der Rundfunksender begrenzt. Das Empfangsspektrum der Sender weist jedoch glücklicherweise eine größere Anzahl von Sendern auf, deren Feldstärke merklich größer als die ihrer beiden Nachbarsender ist, deshalb läßt sich mit geeigneten Mitteln (veränderbare Bandfilter) die Güte der Übertragungen dieser Sender voll ausnutzen. Die im akustischen Teil an den beiden Grenzen des Frequenzbandes auftretenden Schwierigkeiten waren mit einer besonderen Vereinigung von Hoch- und Tiefton-Lautsprechern zu lösen. Bei dem so erreichbaren großen Frequenzumfang ist ein Vermeiden aller nichtlinearen Verzerrungen besonders wichtig. Die Röhren und ihre Arbeitsbedingungen müssen dementsprechend so gewählt sein, daß die Grenze der Aussteuerung zuerst bei den Endröhren erreicht ist, während diese über eine für die Dynamik großer Orchestermusik nötige Kraftreserve verfügen müssen. Ebenso verlangen die Hochfrequenzverstärkung vor dem Gleichrichter und die hochfrequenten Selektionsmittel eine sorgfältige Bemessung, damit keine Kombinationstöne entstehen. Im akustischen Teil tritt bei der Wiedergabe der tiefen Töne die Gefahr auf, daß sich Oberschwingungen bilden. Überlastung der Rückstellkräfte und Unsymmetrien an Tonabnehmer und Lautsprechern sind hierzu die Ursache und müssen durch sorgfältigen Aufbau vermieden werden. Von Nebengeräuschen bietet nur das Empfängerrauschen in hochverstärkenden Empfangsgeräten Schwierigkeiten. Durch richtige Bemessung des Hochfrequenzteiles sind das sog. Kreisrauschen und das Röhrenrauschen so klein zu halten, daß man bis nahe an die übliche Fernempfangsempfindlichkeit herangehen kann. Um das Misch-

Digitized by Google

rauschen der Überlagerungsempfänger und die mit dem Mischvorgang verbundenen Verzerrungen zu umgehen, wurde die Geradeausschaltung gewählt.

Den Empfängereingang des Kammermusikgerätes II bildet ein dreikreisiges Koppelbandfilter (Abb. 4), mit dem sowohl eine größere Bandbreite als auch eine höhere Trennschärfe erzielt werden konnte. Der auch bei größerer Trennschärfe auftretende 9 kHz-Überlagerungston des empfangenen Senders mit seinen beiden Nachbarsendern wird durch eine 9 kHz-Sperre unterdrückt. Der HF-Gleichrichterdiode wird durch eine vorgeschaltete Leistungsstufe die für verzerrungsfreies Arbeiten notwendige Spannung zugeführt, damit ist auch für die Schwundregelung eine reichliche Spannungsreserve vorhanden. Mit den neuen AD 1-Röhren in Gegentaktschaltung wurde für die Endstufe eine reichliche Leistungsreserve erzielt. Lautstärkereglung und Klangblende im Niederfrequenzteil sind so eingebaut, daß keine unerwünschten Wirkungen auftreten können. Im Schallplattenteil wird durch sehr geringen Auflagedruck

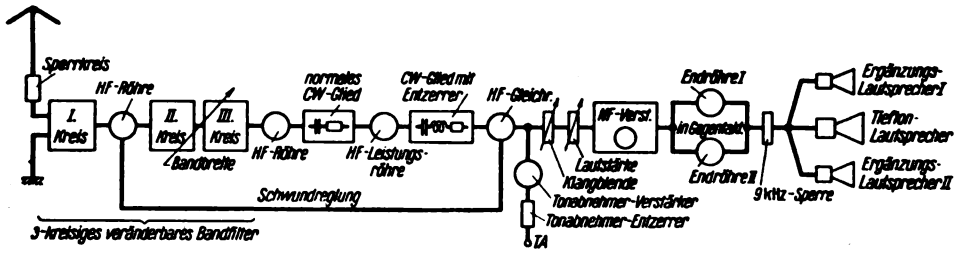


Abb. 4. Grundsätzliches Schaltbild des Kammermusikgerätes II.

und Beanspruchung kleinster Auslenkkräfte die Plattenabnutzung klein gehalten. Verzerrungen im Tonabnehmersystem werden durch reichlich bemessene Luftspalte und Ausschaltung von Gummi bei der Lagerung vermieden. Zudem ist eine Dämpfung des Ankers infolge hoher Resonanzlage, die durch einen überaus leichten Anker mit festeingelöteter Saphirdauernadel erreicht wurde, überflüssig geworden. Ein besonderer Verstärker im Tonabnehmerzweig des Niederfrequenzteiles gleicht den durch die Tiefenentzerrung bewirkten Spannungsverlust aus und gewährleistet auch bei leise aufgenommenen Schallplatten die Aussteuerung der Endstufe. Für die akustische Wiedergabe dienen drei Lautsprecher, von denen zwei für die Wiedergabe der hohen und mittleren Töne bestimmt sind, während ein besonderer Tiefton-Lautsprecher mit wesentlich verbessertem Wirkungsgrad die Bässe überträgt. Das Gehäuse ist auf bequeme Zugänglichkeit des Gerätes und gute Abstrahlung der tiefen Frequenzen zugeschnitten, daraus ergibt sich von selbst eine schöne Zweckform. [F. Troeltsch u. A. Schaaf, Siemens-Z. 16 (1936) S. 316.] *Kdn.*

621. 397. 61 (44) **Technische Einzelheiten über den Fernsehsender auf dem Eiffelturm.** — Im April 1935 hat die Rundfunkgesellschaft von Paris mit regelmäßigen Fernsehsendungen mit unmittelbaren Aufnahmen begonnen. Die Bildauflösung betrug 60 Zeilen bei 25 Bildern je Sekunde. Gesendet wurde auf einer Welle von 180 m. Zur gleichen Zeit wurden die Vorarbeiten zur Erhöhung der Zeilenzahl auf 180 begonnen, wobei Wert auf unmittelbare Aufnahme gelegt wurde. Damit die Sendung durch einen recht großen Empfängerkreis aufgenommen werden kann, hat man den Sender am Fuße des Eiffelturmes aufgebaut und die Antenne auf der Spitze angebracht. Der Sender hat eine Gesamtleistung von 2 kW, wobei 1 kW ausgestrahlt wird.

Die neue Fernsehstation, deren Wellenlänge 8 m beträgt, besteht in der Hauptsache aus drei Teilen: dem Aufnahmeraum für die unmittelbaren Fernsehsendungen im Postministerium, dem Maschinenraum und Sender am Fuße des Eiffelturmes und eine Sonderantenne auf dem Eiffelturm. Im Aufnahmeraum ist ein Zerleger für unmittelbares Fernsehen aufgestellt. Die Darstellerbühne wird durch Lampen mit einer Gesamtleistung von 45 kW beleuchtet. Für die dabei entstehende erhebliche Wärme ist ein besonderer Abzug vorgesehen. Im Gegensatz zu anderen Ländern, die bereits die Elektronenbildzerleger und Kathodenstrahlabtaster (Farnsworth und Zworykin) benutzen, hält der französische Fernsehdienst einstweilen noch an einem mechanischen Zerleger für unmittelbare Sendungen fest. Für die neue Zeilenzahl 180 wurde (ähnlich wie für 60 Zeilen) eine Zerlegerkamera mit einer Spirallochscheibe entwickelt. Um den Durchmesser der Scheibe möglichst gering zu halten, sind mehrere Spiralen mit Zerlegerlöchern vorgesehen, wobei eine zweite Schlitzscheibe in geeigneter Weise eine Abdeckung der nicht benutzten Spiralen vornimmt. Zur Umsetzung des Lichtes in elektrische Energie dienen Photozellen mit möglichst hoher Empfindlichkeit. Auch hier besteht die Absicht, die gewöhnlichen Photozellen durch solche mit einem Vervielfacher zu ersetzen, sobald die Industrie in der Lage sein wird, solche zu liefern. An die Photozellen ist ein Verstärker angeschlossen, der das Frequenzband von 0 bis 500 000 Hz möglichst gleichmäßig verstärkt.

Bei Benutzung von mehreren Spiralen der Zerlegerscheibe macht die Synchronisierung einige Schwierigkeiten. Während die Zeilenimpulse von der Bildzerlegerscheibe erzeugt werden, nimmt man den Bildimpuls von einer zweiten Scheibe, und zwar wird der vorletzte Zeilenimpuls des Bildrasters durch den Impuls der zweiten Scheibe unterdrückt. Ein Synchronmotor treibt die Scheibe an, und man ist in der Lage, die Phase nach Wunsch einzustellen. Die Synchronisiersignale werden z. B. dem Schirmgitter einer Penthode aufgedrückt und verlaufen in entgegengesetzter Richtung wie die Bildströme. Mittels eines Kathodenstrahl-Oszillographen läßt sich der Kurvenverlauf beobachten. Weiterhin wird die Bildgüte am Ausgang des Verstärkers durch eine Kathodenstrahlröhre überwacht.

Der Senderaum ist durch ein Sonderkabel von 2,5 km Länge mit dem Sender am Fuße des Eiffelturmes verbunden. Es handelt sich hier um ein Kabel mit konzentrischer Seele in einem Kreis von mehreren Leitern. Der Wellenwiderstand des Kabels beträgt ungefähr 70 Ω. Das Kabel gestattet die Übertragung eines Frequenzbandes von $2 \cdot 10^6$ Hz. Die Übertragung der Bildsignale über das Kabel erfolgt unter Benutzung einer Zwischenfrequenz von $2{,}5 \cdot 10^6$ Hz. Am Fuße des Eiffelturmes steht der eigentliche Ultrakurzwellensender, der sich aus mehreren Stufen zusammensetzt. Von ihm führt ein besonderes Kabel zur Antenne auf der Turmspitze. Dieses Sonderkabel besteht aus zwei konzentrischen Röhren aus Kupfer, deren Äußere 10 cm Dmr. und deren Innere 3 cm Dmr. aufweist. In kurzen Abständen sind elastische Verbindungsstücke eingefügt. Die Antenne setzt sich aus vier senkrechten Dipolen zusammen, welche auf einem Kreis mit 8 m Dmr. angeordnet sind. Die Länge einer Dipolhälfte beträgt 8 m und ist gleich der Wellenlänge der ausgesandten Ultrakurzwelle. Die ausgestrahlte Leistung ist ungefähr 1 kW, und im Abstand von 5 km beträgt die Feldstärke noch etwa 100 mV/m. An einigen besonderen Plätzen, wie im Maison de la Chimie und im Petit-Palais sind, für die Öffentlichkeit zugänglich, eine Reihe von Empfängern aufgestellt. [Ducet Barthélemy, Rev. gén. Électr. 39 (1936) S. 651.] *Hma.*

621. 396. 611. 029. 6 **Sendung und Empfang von Zentimeterwellen.** — Im Gebiet der Zentimeterwellen wurden neuerdings wieder erfolgreiche Funkversuche durchgeführt. Als Sender wird eine weiterentwickelte Form der ursprünglichen einfachen ungeschlitzten Magnetronröhre benutzt, wie sie von Zacek 1924 angegeben wurde. In einer denkbar einfachen und deshalb wirkungsvollen Anordnung werden die Hauptforderungen der Zentimeterwellentechnik berücksichtigt: hohe magnetische Feldstärke, einfacher kapazitätsarmer Elektrodenaufbau und eine hoch emittierende Kathode. Als Empfänger eignen sich besonders Bremsfeldröhren nach Barkhausen-Kurz bzw. Magnetfeldröhren mit außerordentlich geringen Elektrodenabständen, die nur Bruchteile von einem Zehntel-Millimeter betragen. Bei geeigneter Einstellung der Abstimmung und der Betriebsdaten geben diese Röhrchen in stark entdämpftem Zustande bzw. bei Selbstschwingungen eine Art Überlagerungsempfang großer

Digitized by Google

Empfindlichkeit. Infolge der geringen Elektrodenabstände genügen trotz der hohen Frequenzen geringe Spannungen und Leistungen für einwandfreien Empfang. Mit einer Hochfrequenzleistung von etwa 3 W und einer Nutzbündelung von etwa 5 ° wurden Musik und Sprache in großer Güte über Entfernungen bis 12 km auf einer Welle von 4,2 bzw. 4,8 cm übertragen. Der Gesamtwirkungsgrad ist natürlich sehr gering. Z. B. ist der Wirkungsgrad des Schwingungserzeugers allein etwa 1 %, was nach den allgemeinen Erfahrungen noch als gut zu bezeichnen ist. Besonderes Interesse verdient die Beobachtung, daß Tageszeit, Temperatur, Wind, Nebel und Regen oder Schnee keinen wesentlichen Einfluß auf die Ausbreitung der 4,2 cm-Welle hatten. Die von anderer Seite auf diesem Gebiet, allerdings mit gedämpften Wellen, festgestellte erhöhte Absorption des Wasserdampfes scheint sich demnach noch nicht auszuwirken.

Die Hauptanwendung dieser quasi-optischen Wellen kann teilweise in dem Ersatz optischer Nachrichten- und Navigationsmittel liegen, wie z. B. durch das Allwetter-Funkfeuer, den Funkscheinwerfer, die Navigations- und Kollisionssicherungen bei Fahrzeugen in der Luft, zu Lande und zu Wasser. Teilweise wird aber eine Reihe neuer, bisher weder mit optischen noch mit drahtlosen Mitteln beherrschbare Anwendungsmöglichkeiten eröffnet, wie z. B. der elektrische Höhenmesser und Entfernungsmesser nach dem Prinzip der Echolotung, die elektrische Geschwindigkeitsmessung durch den Doppler-Effekt, das Auffinden und die Anzeige beweglicher Gegenstände einschließlich ihrer Geschwindigkeit und ihrer Entfernung, die Funksicherung von Fahrstraßen, Wohnungen, Brücken usw. Daneben bietet die Zentimeterwelle auf dem Gebiet der üblichen Nachrichtentechnik die Möglichkeit der Übertragung außerordentlich großer Bandbreiten auf eng begrenztem Nachrichtenkanal. [Rice, Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 363.] *Grs.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 396. 615. 1 **Wirkungsweise der gittergesteuerten Gasentladungsröhre bei ihrer Anwendung als Schwingungserzeuger.** — P. Drewell untersucht eigens angefertigte Gasentladungsröhren in der Hittorffschen Blinkschaltung. Die maximale Zündspannung kann durch die Gittervorspannung bis zur Glimmgrenze (300 bis 1000 V) willkürlich erhöht werden, während die Löschspannung bei Argonfüllung (0,15 Torr) zwischen 0 und 20 V und bei Wasserstoffüllung (0,25 Torr) zwischen 0 und 80 V liegt. Der Gitterzylinder besitzt zur Erzielung einer gleichmäßigen Entladung nur einen Schlitz. Der Entladestrom des Kondensators wurde mit dem Kathodenstrahl-Oszillograph aufgenommen. Er enthält Spitzenwerte bis zum 50fachen des Sättigungsstromes (Kathodenoberfläche 0,5 cm², Emissionsfähigkeit der Oxydkathoden 1 A/cm²). Die für diese großen Spitzen nötigen Ladungsträger stammen teils aus Stoßionisation im Gasraum, teils von den auf die Kathode aufprallenden Ionen. Gitter- und Anodenstrom wurden einzeln gemessen. Sie fallen in die gleiche Größenordnung. Die Röhre erlischt nach jeder Schwingung, auch wenn der Ladestrom über dem Löschstrom (bei — 8 V z. B. 1,5 mA) bleibt, weil die Ladungsträgerbildung gewissermaßen „Trägheitsgesetzen" unterliegt und so über das Ziel hinausschießt. Der größte erreichbare Ladestrom und damit die höchste erzielbare Frequenz liegt bei Wasserstoff erheblich höher als bei Argonfüllung (20 kHz gegen 100 kHz). Wasserstoffionen greifen die Kathode oberhalb 600 V frei durchlaufender Spannung, Argonionen dagegen bereits bei 30 V an. Bei Argon wird also die Röhre bei Entladung von Kondensatoren von über 200 pF Kapazität und mehr als 100 V Spannung bereits beschädigt. Abhilfe durch Schutzdrossel (z. B. 2 mH bei 1 µF) zwischen Kondensator und Anode. Bei Wasserstoffbetrieb tritt bedeutende Selbstheizung auf, so daß man im Betrieb den Heizstrom verringern oder gar ausschalten kann. Nachteilig ist die starke Wasserstoffabsorption durch die Metallteile, so daß Gasdruck und Zündkennlinie nicht konstant bleiben und sich die Frequenz zeitlich ändert. Außerdem ist auch der Vorstrom vor dem Einsetzen der Entladung bei Wasserstoff für manche Fälle zu groß (etwa 10^{-7} A). [P. Drewell, Z. techn. Physik 17 (1936) S. 249.] *Kur.*

537. 523 : 537. 56 **Die Vorgänge an der Kathode von Lichtbogen.** — Ramberg hat als erster die elektrischen Lichtbogen in zwei Gruppen mit grundsätzlich verschiedenem Entladungsmechanismus an der Kathode eingeteilt. Bei der einen Gruppe, zu der im wesentlichen Kohle und Wolfram gehören, erhält der Lichtbogen die erforderlichen Elektronen aus der Kathode durch die hohe Temperatur des Kathodenfleckes als thermische Elektronen. Bei der anderen, welche die übrigen Werkstoffe, insbesondere Metalle wie Cu, Fe, Hg umfaßt, werden die Elektronen nicht durch hohe Temperatur, sondern durch hohe Feldstärke als Feldelektronen aus der Kathode befreit. Becken und Sommermeyer haben nun Versuche mit Kohle und Wolfram in verschiedenen Gasen bei verschiedenen Drucken und vor allem bei verschiedenen Reinigungsgraden der Kathodenoberfläche durchgeführt. Sie finden, daß an Wolfram- und Kohlekathoden zwei Bogenformen beobachtet werden können. Die eine Bogenform hat einen wenig leuchtenden, umherirrenden Brennfleck, und ihr Kathodenfall hängt nur wenig vom Gasdruck ab. Sie kann nur dann beständig brennen, wenn die Kathodenoberfläche entweder mit Gas beladen oder mit festen, isolierenden Stoffen wie Oxyden oder Nitriden bedeckt ist. Im letzteren Fall liegen dann ähnliche Verhältnisse vor wie bei der von Güntherschulze und Fricke entdeckten Spritzentladung. Diese Bogenform wird als Feldbogen angesehen. Die andere Bogenform hat einen hell glühenden Kathodenfleck. Ihr Kathodenfall nimmt mit abnehmendem Gasdruck stark zu und ist ganz allgemein größer als der Kathodenfall der ersten Bogenform. Sie ist bei C und W vorhanden, wenn die Oberflächen völlig rein sind. Dieser Bogen ist der zuerst erwähnte Bogen mit thermischer Elektronenemission. Die Annahme Rambergs erhält durch diese Versuche eine weitere Stütze und kann heute wohl als genügend gesichert gelten. [O. Becken und K. Sommermeyer, Z. Physik 102 (1936) S. 551.] *Gsch.*

Hochspannungstechnik.

621. 315. 615 : 537. 571 **Unterdrückung der durch Ionisation bedingten Gasbildung von Isolierölen.** — Die bereits bekannten Ionisationserscheinungen an Isolierölen[1]), die sich rein äußerlich durch Abscheidungen von Gasen, insbesondere Wasserstoff, bemerkbar machen, haben Nederbragt veranlaßt, diese durch Messung des Dampfdruckes im Vakuum quantitativ zu erfassen und ihre Entstehungsbedingungen sowie ihr Verhalten gegenüber den verschiedenen Einflüssen, Feldstärke, Temperatur, molekularer Aufbau des Öles, festzulegen. Dabei hat er gefunden, daß gerade die hochraffinierten Öle eine starke Neigung zur Gasbildung haben, die sich aber weitgehend herabsetzen läßt, wenn dem Öl ein in weiten Grenzen veränderbarer Zusatz an aromatischen Bestandteilen höherer Flüchtigkeit als der des Öles beigemischt wird. Diese Erscheinung wird mit Polymerisation der Ölmoleküle und der der höher flüchtigen Zusätze erklärt.

Wenn Naphthalin oder Tetralin als Zusatz verwendet werden, wird auch der Oxydationswiderstand des Öles wenig beeinflußt. Ist darauf keine Rücksicht zu nehmen, so kann eine große Zahl anderer aromatischer Bestandteile Anwendung finden. [G. W. Nederbragt, J. Instn. electr. Engr. 79 (1936) S. 282.] *G. G.*

[1]) ETZ 54 (1933) S. 1195

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Die Bedeutung des Wasserkraftausbaues im Rahmen der deutschen Energiewirtschaft.

Von **Karl Wagner**, Berlin.

621. 311. 21

Übersicht). Die Verbrauchsdauer der deutschen Kohlenvorräte ist zeitlich begrenzt, Wasserkräfte stellen dagegen eine unerschöpfliche Kraftquelle dar. Zwei Drittel der deutschen Wasserkraftvorräte sind noch nicht erschlossen. Es wird auf die Vorteile des Baues von Wasserkraftwerken hingewiesen, angebliche Nachteile wie hohe Anlagekosten, Unstetigkeit der Energiedarbietung und große Entfernung von Verbraucherzentren werden durch richtigen Ausbau der vorhandenen Wasserkräfte und durch zweckmäßige Einschaltung der verschiedenen Arten von Wasserkraftwerken wie Speicher-, Lauf- und Spitzenkraftwerke in das tägliche Belastungsdiagramm im Rahmen einer geordneten Verbundwirtschaft voll ausgeglichen.

Der Zweck der Energiewirtschaft ist die Versorgung der Bevölkerung mit Kraft, Licht und Wärme, die Energiewirtschaft hat sich also mit allen Fragen zu befassen, welche sich mit dem zweckmäßigen Einsatz der zum Erzeugen und Verteilen von Kraft, Licht und Wärme dienenden Energieformen und Energieträger beschäftigen.

Hauptsächlichste deutsche Energievorräte.

a) Kohle.

Die Zahlentafel 1 zeigt, daß die Verbrauchsmöglichkeiten unseres mengenmäßig am stärksten vorhandenen Rohstoffes zeitlich begrenzt sind und daß man mit Recht überlegen muß, ob es richtig ist, die Kohle im Rohzustand unter dem Kessel eines Dampfkraftwerkes zu verfeuern

Zahlentafel 1. Vorräte und Verbrauchsdauer von Steinkohle, Braunkohle und Torf[1]).

	Steinkohle		Braunkohle und Lignit		Torf
	Mill t	Verbrauchsdauer[2])	Mill t	Verbrauchsdauer[3])	Mill t
wahrscheinliche Gesamtvorräte	280 000	rd. 1700 Jahre	57 000	rd. 325 Jahre	10 000
ermittelte Vorräte	80 000	rd. 485 Jahre	29 000	rd. 165 Jahre	keine Angaben vorhanden

[1]) Nach Angaben der Preuß. Geologischen Landesanstalt.
[2]) Jahresförderung 165 Mill t.
[3]) Jahresförderung 175 Mill t.

oder im chemischen Veredelungsverfahren neue wertvolle Heimstoffe zu gewinnen. Für die Abbauwürdigkeit der Kohle ist die Teufentiefe maßgebend, die ermittelten Steinkohlenvorräte beziehen sich im Saargebiet bis auf 1200 m Teufe, in den übrigen Bezirken bis auf 1000 m Teufe. Die „wahrscheinlichen Gesamtvorräte", welche eine hohe Verbrauchsdauer von etwa 1700 Jahren gestatten, immer unter der Voraussetzung, daß die Jahresförderung von 165 Mill t sich nicht ändert, liegen tiefer im Boden und können daher nur unter Aufwendung von größeren und teueren Arbeitsmitteln nutzbar gemacht werden.

b) Wasserkraft.

Im Gegensatz zur Kohle ist der Energievorrat, welchen uns die Natur in den Wasserkräften zur Verfügung stellt, praktisch unerschöpflich, es liegt nur an uns, diese gegebenen Kraftspender zweckmäßig auszubauen und dem Verbrauch nutzbar zu machen.

Zahlentafel 2 läßt erkennen, daß erst ein Drittel der deutschen Wasserkräfte ausgebaut ist, rd. 2,5 Mill kW

*) Nach einem Vortrag, gehalten am 23. 10. 1936 vor den VDE-Jungingenieuren der Arbeitsgemeinschaft „Elektrizitätswerke".

Zahlentafel 2. Gebietmäßige Gliederung der deutschen Wasserkraftvorräte (Stand Januar 1935)[1]).

Wasserlaufgebiet	mittl. Leistung in 1000 kW		Ausbauleistung in 1000 kW		insgesamt erzielbare mittlere Jahresarbeit Mrd kWh
	erschlossen	noch erschließbar	vorhanden	noch erschließbar	
Donau	462	1064	737	2010	13,3
Rhein	500	678	894	1226	10,3
Maas	7	2	19	5	0,1
Weser Ems . .	68	160	136	242	2,0
Elbe	141	425	254	622	4,2
Oder	51	85	112	218	1,2
Küsten- und Nordostgebiet	32	51	62	118	0,7
insgesamt . . .	1 261	2 465	2 214	4 441	31,8
	3 726 ausgebaut sind rd. 34%		6 655 ausgebaut sind rd. 33%		gegenüber einer ausgebauten mittl. Jahresarbeit von 10,9 = rd. 34%

[1]) Nach Angaben des Reichsverbandes der Deutschen Wasserwirtschaft.

mittlere Leistung sind noch erschließbar. Die hauptsächlichsten Energievorräte liegen im Wasserlaufgebiet des Rheins und der Donau, weniger ergiebig sind die Wasserläufe in Mittel-, Ost- und Norddeutschland.

c) Windkraft.

Ein bisher fast ungenutzter Energievorrat liegt in der Windkraft. Die Schwierigkeit der Ausnutzung liegt darin, daß nach bisherigen Forschungen gleichmäßige Luftströmungen erst in Höhen von 300 bis 500 m auftreten und daß Planung und Bau derartiger Windkrafttürme naturgemäß auf mannigfache Schwierigkeiten stoßen[1]). Versuchswerke sind in Deutschland bisher nicht ausgeführt worden.

Beteiligung der einzelnen Energiequellen an der gesamten Energieerzeugung.

Die deutsche Energiebilanz 1934 zeigt die Zahlentafel 3. Die Wärmeeinheit (kcal) ist die gemeinsame Bezugsgröße, da rd. zwei Drittel des gesamten Energie-

Zahlentafel 3. Deutsche Energiebilanz 1934[1]).

Energieträger	Verbrauch in Mill kg	WE-Gehalt je Maßeinheit	WE-Gehalt der Verbrauchsmenge in Bill	Anteil der Energieträger in %	ungeführer Wirkungsgrad in %	ausgenutzte WE in Bill	Anteil der Energieträger in %
Steinkohle .	112 000	7 000	784	66,4	12	90	62,5
Braunkohle	139 000	2 000	278	23,6	12	35	24,3
Kohle, insgesamt .	.	.	1 062	90,0	12	125	86,8
Brennholz .	30 000	3 000	60	7,7	10	9	6,3
Benzin, Gasöl . .	2 000	10 000	20	1,8	30	6	4,2
Wasserkräfte . .	6 000[2])	860	5	0,5	70	4	2,7
insgesamt .			1 147	100.0	12	144	100,0

[1]) Nach Angaben der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung.
[2]) Millionen kWh.

bedarfes auf Wärmezwecke entfallen. Die Zahlen sind selbstverständlich nur Annäherungswerte, insbesondere hinsichtlich der Wirkungsgrade, da genaue Unterlagen für den mittleren Ausnutzungswert nicht vorhanden sind.

[1]) S. a. ETZ 57 (1936) H. 43, S. 1237.

Digitized by Google

Wie ersichtlich, wird der gesamte deutsche Energiebedarf zu etwa 87 % von der Kohle gedeckt, wobei der relativ geringe Wirkungsgrad von 12 % dieser Energieumwandlung auffällig ist. Wasserkräfte können im Gegensatz hierzu mit etwa 70 % Wirkungsgrad ausgenutzt werden, die Steigerung der Beteiligung dieser Kraftquelle an der gesamten Energielieferung muß daher angestrebt werden, zumal, wie vorher gezeigt, ausbauwürdige Wasserläufe in reichlichem Maße vorhanden sind.

Gemäß Zahlentafel 4 wurden 1934 rd. 30 Mrd kWh in öffentlichen und betriebseigenen Anlagen erzeugt; dieser Arbeitsmenge entsprechen etwa 25,8 Bill WE. Bei einem Wirkungsgrad von etwa 80 % für Umsetzung von Elektrizität in Kraft, Licht und Wärme stellen 20,6 Bill WE etwa 13,6 % des gesamten Energiebedarfes von 144 Bill WE dar, d. h. etwa ein Siebentel des deutschen Energieverbrauches wird von der Elektrizität gedeckt.

Ein wirtschaftlicher Einsatz der Wasserkräfte kommt in erster Linie für die Elektrizitätserzeugung in Betracht. Die Beteiligung der Wasserkraft an der Erzeugung elektrischer Energie im Jahre 1934 zeigt Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4. Elektrizitätserzeugung in öffentlichen und betriebseigenen Werken im Jahre 1934 in Mill kWh[1]).

Erzeugung nach Kraftquellen			Erzeugung insgesamt	Einfuhr	Ausfuhr	nutzbare Gesamtabgabe an Verbraucher
Wasserkraft	Dampfkraft	sonstige Kraftquellen				
4 616	23 646	2 464	30 726	830	90	28 641
15%	77%	8%	100%			

[1]) Nach Angaben der amtlichen Elektrizitätsstatistik.

Danach entstammen etwa 15 % der erzeugten elektrischen Energie der Wasserkraft. Wichtig ist die Feststellung, daß statt rd. 4,6 Mrd kWh, mit Hilfe der tatsächlich vorhandenen mittleren Leistung von rd. 1,26 Mill kW (siehe Zahlentafel 2), etwa 10,9 Mrd kWh im Jahre 1934 hätten erzeugt werden können; es ist also sehr viel Wasser ungenutzt über die Wehre abgeflossen und damit unwiederbringlich dem deutschen Volksvermögen verlorengegangen.

Bewertung der Wasserkräfte.

Der Grund dafür, daß die deutschen Wasserkräfte nicht schon in viel stärkerem Maße zur Energieversorgung herangezogen wurden, liegt

1. in den verhältnismäßig hohen Anlagekosten der Wasserkraftwerke. Der Bau von Wasserkraftwerken ist auf die eingebaute Leistungseinheit bezogen teurer als derjenige von Kohlekraftwerken, es ist also zunächst für ein Wasserkraftwerk mehr Anlagekapital aufzuwenden als für ein Wärmekraftwerk. Die seit dem Kriege herrschende Kapitalknappheit hat deshalb in der Mehrzahl zu einer Bevorzugung der weniger Anlagekapital erfordernden Wärmekraftwerke geführt.

2. in der Unstetigkeit der Energiedarbietung. Die Energie fällt in einem Wasserkraftwerk nicht stetig an, sondern ist abhängig von der Wasserführung in dem betreffenden Fluß, die jahreszeitlich sehr verschieden ist und außerdem in den einzelnen Jahren wechselt.

3. in der oft ungünstigen geographischen Lage in bezug auf die Verbraucher. Die Hauptwasserkraftquellen Deutschlands liegen, wie bei Zahlentafel 2 erwähnt, im Süden Deutschlands, sind also weit entfernt von den hauptsächlichen industriellen Verbrauchsmittelpunkten.

Wenn auch der Bau von Wasserkraftwerken teurer als der von Wärmekraftwerken ist, so steht dem gegenüber, daß der Kapitaldienst für das Wasserkraftwerk wegen der großen Lebensdauer der Einrichtungen viel geringer ist und die Kosten des Betriebsmittels vollständig entfallen.

Die Höhe der Anlagekosten je Leistungseinheit schwankt für Wasserkraftanlagen stark. Einen Überblick über die zu erwartenden Kosten gibt Abb. 1. Bei großen Anlagen von 100 000 kW und darüber beträgt die unterste Grenze etwa 300 RM/kW und steigt bei kleinen Werken bis zu 1200 RM/kW und darüber.

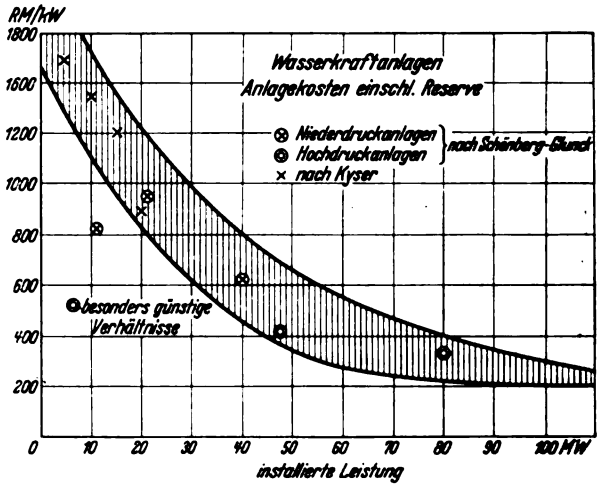


Abb. 1. Anlagekosten von Wasserkraftanlagen.

Dampfkraftanlagen weisen niedrigere Anlagekosten auf, Abb. 2 gibt darüber Aufschluß. Bei einer installierten Leistung von 100 000 kW liegen sie etwa bei 200 RM/kW.

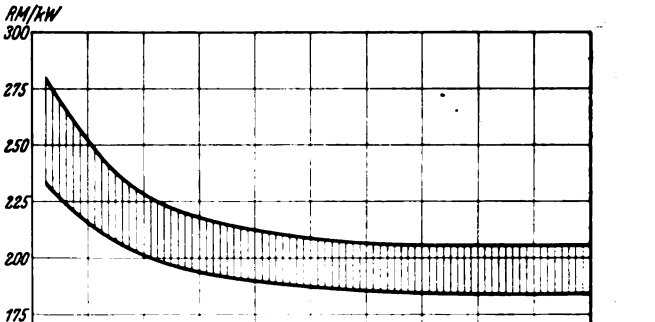


Abb. 2. Anlagekosten von Dampfkraftanlagen.

Es wäre jedoch falsch für die Beurteilung der Frage, ob ein Wasserkraftwerk oder ein Wärmekraftwerk im gegebenen Fall wirtschaftlicher ist, lediglich die Höhe der Anlagekosten zu betrachten. Von entscheidendem Einfluß ist vielmehr der Gestehungspreis einer kWh. Den Vergleich dieses Preises für Dampf- und Wasserkraftwerke in Form von Jahreskosten in % des Anlagekapitals zeigt Zahlentafel 5.

Zahlentafel 5. Jahreskosten in % des Anlagekapitals[1]).

bei	Dampfkraft %	Wasserkraft %
Verzinsung (5%) einschl. Beschaffungsunkosten	5,5	5,5
Erneuerung: Dampfkraft 15 Jahre		
Wasserkraft:	4,634	0,65
Bauwerke 60 Jahre		
Maschinen 25 Jahre		
Unterhaltung und Betrieb	1,5	0,75
Tilgung: Dampfkraft 35 Jahre		
Wasserkraft 50 Jahre	1,107	0,5
Unkosten und Steuern	1,3	1,1
insgesamt	rd. 14	8,5

[1]) Nach Angaben des Reichsverbandes der Deutschen Wasserwirtschaft.

Digitized by Google

Für ein großes Dampfkraftwerk mit Anlagekosten von etwa 230,— RM je kW und ein Wasserkraftwerk derselben Größe, bei dem das Anlagekapital etwa 400,— RM je kW beträgt, ergeben sich Jahreskosten je kW von 32,— RM bzw. 84,— RM. Bei Betrachtung der Jahreskosten ist also das Wasserkraftwerk dem Dampfkraftwerk ebenbürtig.

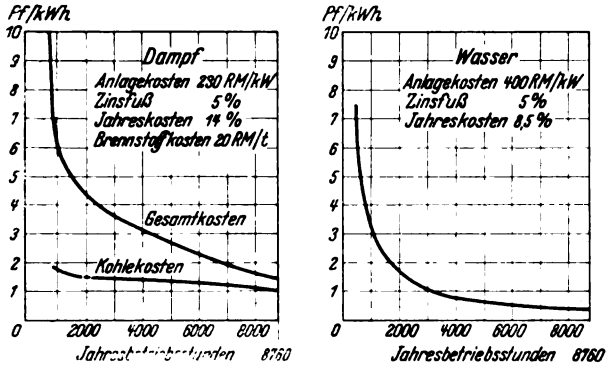


Abb. 3. Gestehungskosten einer kWh in Abhängigkeit von der Betriebsdauer bei einer Ausbauleistung von 100 000 kW (nach Mitt. des Reichsverbandes der Deutschen Wasserwirtschaft).

Die Höhe der Gestehungskosten der kWh ist weiter wesentlich beeinflußt von der Betriebsdauer des Werkes. Eine Gegenüberstellung kann für beide Werksarten nur bei etwa 2000 h im Jahr und darunter vorgenommen werden, da die wechselnde Energiedarbietung unserer Wasserläufe eine volle Ausnutzung der Ausbauleistung nur etwa an 90 bis 120 Tagen im Jahr zuläßt. Wie Abb. 3

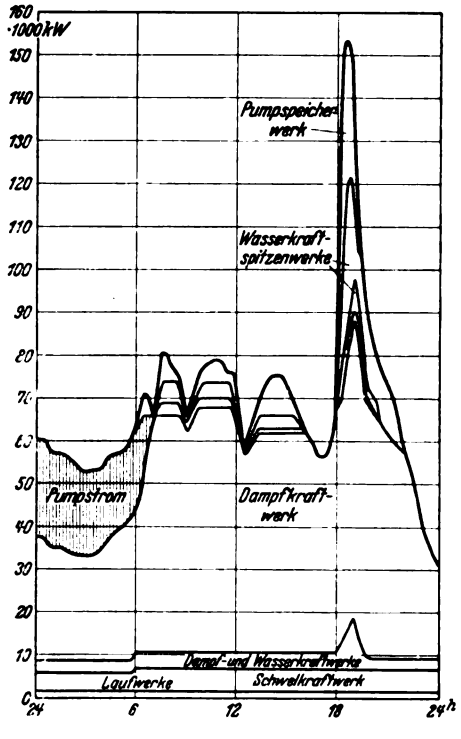


Abb. 4. Einsatz eines Pumpspeicherwerkes als Augenblicksreserve.

zeigt, kostet in diesem Fall bei Dampfkraft die kWh etwas mehr als 4 Rpf, während sie bei Wasserkraft weniger als 2 Rpf kostet. Diese Überlegenheit der Wasserkraft kann ausgenutzt werden, wenn durch Verbundwirtschaft zwischen Lauf- und Spitzenwerken einerseits sowie Wärmekraftwerken anderseits für das Einsetzen der Wasserkraftenergie im Augenblick des Bedarfs gesorgt wird.

Die Wasserkrafttechnik hat ferner die Möglichkeit, die von Natur unregelmäßige Energiedarbietung in Wasserspeichern für lang- oder kurzfristigen Ausgleich über einen längeren oder kürzeren Zeitraum etwa ein Jahr und mehr, Monate, Wochen oder Tage zu speichern und zu Zeiten des Bedarfes einzusetzen.

Kleine Tagesspeicher sind in der Lage, den Nacht- und teilweise Tageszufluß, der unter der Ausbauwassermenge liegt, auf die wenigen Stunden des höchsten Bedarfes zu verlegen und damit hochbewerteten Spitzenstrom zu erzeugen. Die Ausbauleistung des Kraftwerkes, die immer weit über NW (Niedrigwasser) und auch über MW (Mittelwasser) liegt, kann auf diese Weise zumindest in den Hauptbedarfsstunden bereitgestellt werden, so daß neben der Arbeitsgebühr für den gelieferten Strom noch eine Leistungsgebühr für die Bewertung der Wasserkraft eingesetzt werden kann.

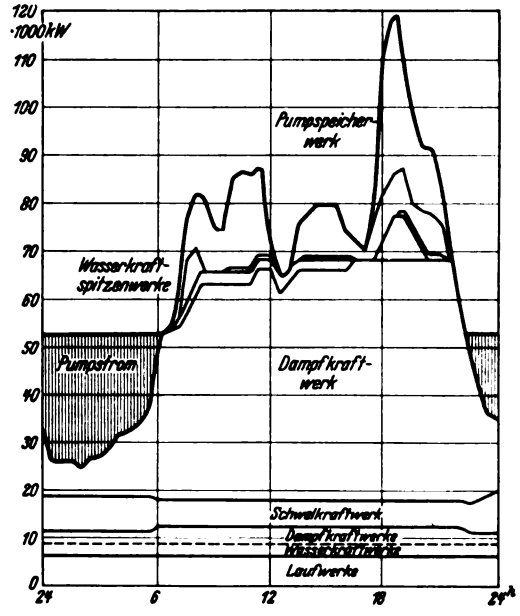


Abb. 5. Einsatz von Wasserkraftwerken im Verlaufe eines Tages.

Dabei sind die Anlagekosten von Tages- bzw. Wochenspeichern bei richtiger Entwurfsgestaltung nur etwa 5 bis 10 % höher als bei reinen Laufwasserkräften.

Eine andere, noch viel zu wenig angewandte Art der Speicherung bei Flußlaufkraftwerken ist die sogenannte Durchlaufspeicherung, bei der mehrere in einem Flußlauf hintereinanderliegende Kraftwerke im Takt betrieben werden können, wobei nur ein oberer und ein unterer Kleinspeicher an den Enden der Kraftwerkstreppe vorhanden zu sein brauchen. Dies dürfte z. B. bei den Neckar- und Mainkraftwerken möglich sein.

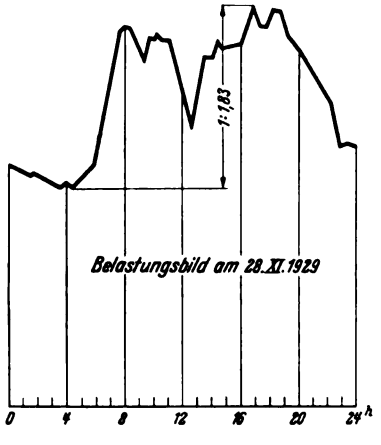
Schließlich besteht eine weitere Möglichkeit, den Wert der Tagesspeicherung zu verbessern, insbesondere bei höheren und mittleren Gefällen darin, durch zusätzliche Pumpspeicherung bei NW für einige Hauptbedarfsstunden die Ausbauleistung des Kraftwerkes sicherzustellen. Dies ist z. B. bei dem im Bau befindlichen und dieser Tage in Betrieb kommenden Boberkraftwerk des Märkischen Elektricitätswerkes geschehen[2]).

[2]) ETZ 57 (1936) H. 25, S. 699.

Digitized by Google

Bei einer Kleinspeicherung ist nun der über die Ausbauwassermenge hinausgehende Zufluß noch nicht genutzt. Außerdem kann der Teil des Nacht- bzw. Tageszuflusses, der nicht in den Stunden des höchsten Bedarfes des versorgten Netzes verwendet werden kann, nur in Form unständigen Stromes an besondere Abnehmergruppen, wie z. B. elektrochemische Betriebe, zu billigen Preisen verkauft werden. Diese Nachteile können durch Großspeicher in Talsperren und Seeregelungen vermieden werden. Diese Jahresspeicher mit Fassungsvermögen bis zur Größe des gesamten mittleren Jahresabflusses und mehr sind nun in der Lage, die jahreszeitlichen Schwankungen des Abflusses auszugleichen und die Wasserkraftenergie dann zu liefern, wenn sie im Versorgungsgebiet gebraucht wird, also in Form von Tages- und Abendspitzenstrom in das Lastbild einzusetzen. Die Anlage derartiger Großspeicher bedingt natürlich höhere Anlagekosten und belastet dadurch den Gestehungspreis der kWh. Wie aber zuvor ausgeführt wurde, ist der Wert dieser an wenigen Betriebsstunden im Jahr benötigten Spitzenenergie, an den Kosten eines gleichwertigen Wärmekraftwerkes gemessen, ein unvergleichlich höherer.

Dazu kommt, daß insbesondere bei Talsperren - Kraftwerken ein Teil der Anlagekosten mit Rücksicht auf die verschiedenen Bauzwecke der Talsperren, wie z. B. Hochwasserschutz, Wasserversorgung, Zuschußwasser für Niedrigwassererhöhung u. dergl., meistens den Betrieb eines Kraftwerkes nicht belastet.



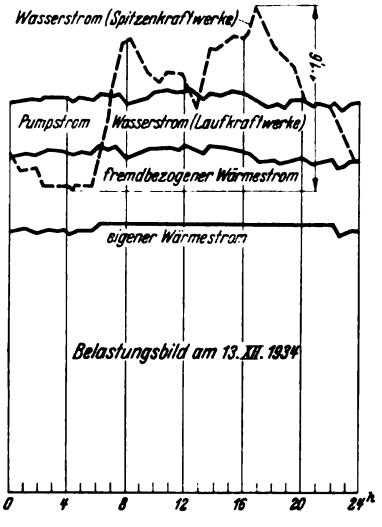


Abb. 6. Belastungsbilder als Beispiel vorbildlicher Verbundwirtschaft und zweckmäßiger Eingliederung von Wasserkraft- und Pumpspeicherwerken.

Den Großspeichern kommt bei ausreichender Größe aber im Rahmen der Verbundwirtschaft noch ganz besondere Bedeutung rein energiewirtschaftlich zu, indem diese Großspeicher im Lastbild die Bedarfspitze übernehmen und den Wasserkraftlauf- und Wärmekraftwerken die ständig gleichbleibende Grundlast zuweisen.

Dazu kommt die schnelle und leichte Einsatzbereitschaft als Augenblicksreserve insbesondere bei Pumpspeicherwerken. Denn ein Wasserkraftmaschinensatz kann vom Stillstand in kürzester Zeit, und zwar in 2 bis 3 min, hochgefahren und mit dem Netz parallel geschaltet werden, während dies bei einem Dampfturbinensatz nicht ohne weiteres möglich ist (Abb. 4).

Wie durch Ausbau von Speichern die Unstetigkeit der Energiedarbietung der Flußläufe ausgeglichen und gleichzeitig durch Einbau der Speicherleistung in das tägliche Belastungsdiagramm eine bessere Ausnutzung eines vorhandenen Dampfkraftwerkes erreicht wurde, zeigt Abb. 5.

Besonders gut ist die Verbundwirtschaft bei einem westdeutschen Stromversorgungsunternehmen gelungen (Abb. 6).

Laufwasserkräfte und Wärmekraftwerke in Verbindung mit Spitzenwasserkräften und Speicheranlagen haben ein fast ideales Lastbild geschaffen. Belastungsspitzen werden durch Wasserkraftspitzenwerke ausgefahren, Pumpspeicherwerke füllen die Belastungstäler und Wärmekraftwerke fahren heute mit gleichmäßiger Belastung als Grundlastwerke, während früher bei den Wärmekraftwerken Belastungsschwankungen von 1 : 1,83 zu verzeichnen waren.

Auch der Nachteil der Entfernung der Hauptwasserkraftvorkommen von dem Hauptverbrauchszentrum ist durch vorhandene oder teilweise noch zu bauende Hochvolt-Übertragungsleitungen auszugleichen. Gerade die zunehmende Verdichtung des Hochvoltnetzes macht oft die Errichtung eines Wasserkraftwerkes dort wirtschaftlicher, wo früher besondere Kosten für den Ausbau von Fernleitungen den Gestehungspreis der kWh heraufsetzten.

Zusammenfassung.

Die Zusammenfassung der wesentlichsten Gesichtspunkte, die für die Inangriffnahme eines großzügigen Ausbaues unserer deutschen Wasserkräftesprechen, ergibt folgendes Bild:

1. Die zeitlich begrenzte Ausnutzung der Kohlenvorräte und der schlechte Wirkunggsgrad bei der Umsetzung der Energie Kohle — Dampf von im Mittel nur etwa 12 % zwingt dazu, mit der Kohle, unserem wichtigsten deutschen Rohstoff, sparsam umzugehen, zumal jetzt Kohle im Rahmen des Vierjahresplanes stärker als bisher als Ausgangsstoff zur Herstellung von Treibstoff herangezogen wird.

2. Die Tatsache der Unerschöpflichkeit und des kostenlosen Anfalles der Wasserkräfte bietet nach Abschreibung der Anlagekosten, d. h. in etwa 60 Jahren, den wesentlichen Vorteil, den Erzeugungspreis und damit den Verkaufspreis der kWh erheblich zu senken, so daß die elektrische Energie mehr als bisher Allgemeingut wird. Die chemische und metallurgische Industrie, bei der teilweise der Energiekostenanteil 20 bis 50 % vom Preis des Fertigerzeugnisses beträgt, kann ihrerseits dann die eigenen Erzeugungskosten erniedrigen und damit die deutsche Wettbewerbsfähigkeit am Weltmarkt erhöhen.

3. Die Ausbauwürdigkeit unserer Wasserkräfte steigt mit ihrer Eingliederung in die Verbundwirtschaft großer Versorgungsgebiete, d. h. mit der Verkettung von Laufwerken zeitlich verschiedener Darbietung mit Spitzenwerken, Pumpspeicherwerken und vorhandenen Wärmekraftwerken und ermöglicht eine Senkung der Erzeugungskosten und damit eine planmäßige Energiewirtschaft im Sinne des deutschen Energiewirtschaftsgesetzes.

4. Ein Drittel unserer deutschen Wasserkraftvorräte ist erst ausgenutzt, zwei Drittel harren noch der Erschließung. Der Ausbau dieser Kraftquellen muß unserer Energiewirtschaft die erwünschte breitere Grundlage geben.

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Stromrichter.

Die gegen den in ETZ 57 (1936) H. 3, S. 75 veröffentlichten Entwurf der „Regeln für Stromrichter" eingegangenen Einsprüche sind ordnungsgemäß behandelt worden. Der Ausschuß für Stromrichter hat die nachstehend veröffentlichte Schlußfassung

VDE 0555/1936 „Regeln für Stromrichter"

aufgestellt, die vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und zum 1. Januar 1937 in Kraft gesetzt worden ist.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

VDE 0555/1936.

Regeln für Stromrichter.

[Änderungen gegenüber dem Entwurf in ETZ 57 (1936) H. 3, S. 75.]

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln gelten für die in § 3 genannten Gleichrichteranlagen, deren Herstellung nach dem 1. Januar 1937 begonnen wird[1]).

§ 2.

Abweichungen von den Regeln.

Diese Regeln gelten allgemein; Abweichungen hiervon sind ausdrücklich zu vereinbaren. Die Bestimmungen über die Schildangaben müssen jedoch immer erfüllt sein.

§ 3.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für folgende Teile sowohl von ortsfesten als auch auf Fahrzeugen aufgestellten Gleichrichteranlagen:

1. Gleichrichtergefäße aus Eisen oder Glas mit flüssiger Quecksilber- bzw. Glühkathode einschließlich Einrichtungen zur Vakuum-Herstellung und -Messung sowie zum Zünden und Aufrechterhalten des Lichtbogens.
2. Gleichrichter-Haupt- und -Vorschalttransformatoren.
3. Stromteiler für Anodenströme.
4. Einrichtungen zur Verlängerung der Anodenbrenndauer (z. B. Saugdrosseln).
5. Regeleinrichtungen mittels Stufen- oder Drehregler.
6. Gittersteuerungseinrichtungen.

Diese Regeln gelten für Gleichrichter mit Nennströmen (siehe § 6) von 100 A aufwärts und Nennspannungen bis zu 4000 V.

Für Gleichrichterzubehör gelten die einschlägigen VDE-Bestimmungen, sofern nicht im Nachstehenden Sonderbestimmungen festgelegt sind (z. B. für Gleichrichtertransformatoren).

Für Wechselrichter- und Umrichteranlagen können diese Regeln sinngemäß angewendet werden.

Nicht unter diese Regeln fallen Gleichrichteranlagen für besondere Zwecke, wie für Sendestationen, elektrostatische Staubniederschlagsanlagen, Flammenbogenöfen für hochgespannten Gleichstrom, Röntgenanlagen, Laboratorien und Prüffelder.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im November 1936. Veröffentlicht: ETZ 57 (1936) S. 75 und S. 1463.

II. Begriffserklärungen.

§ 4.

Nennleistung.

Nennleistung des Gleichrichters ist die auf dem Schild genannte abgegebene Leistung. Hierunter ist die höchste Leistung verstanden, die der Gleichrichter dauernd abgeben kann. Sie wird errechnet als Produkt aus Nennstrom und Nennspannung (höchste Gleichspannung nach § 5).

Nennleistung des Gleichrichtertransformators ist die auf dem Schild genannte Scheinleistung, die der Transformator im zugehörigen Gleichrichterbetrieb dauernd aufnehmen kann. Sie wird errechnet als Produkt aus Nenn-Primärstrom und Nenn-Primärspannung.

§ 6.

Nennstrom.

Nennstrom eines Gleichrichters ist der Strom, den der Gleichrichter dauernd bei seiner Nennspannung [nach § 5 a)] abgeben kann.

Nenn-Primärstrom ist der Effektivwert des aus dem speisenden Netz entnommenen Stromes bei Nennbetrieb.

§ 10.

Leistungsfaktor, Verschiebungsfaktor, Verzerrungsfaktor.

Der Leistungsfaktor λ der Gleichrichteranlage ist das Verhältnis von aufgenommener Wirkleistung zu aufgenommener Scheinleistung. Er ergibt sich ferner als Produkt des Verschiebungsfaktors $\cos\varphi$ und des Verzerrungsfaktors v zu:

$$\lambda = v \cdot \cos\varphi \qquad (1)$$

Der Verschiebungsfaktor ist der Kosinus des Phasenwinkels φ der Grundwellen von Spannung und Strom.

Der Verzerrungsfaktor v ist das Verhältnis des Effektivwertes der Grundwelle des Stromes I_1 zum Effektivwert des gesamten Stromes I:

$$v = \frac{I_1}{I}. \qquad (2)$$

Bezüglich der Meßverfahren siehe § 30.

§ 11.

Kurzschlußspannung.

Kurzschlußspannung des Gleichrichtertransformators ist die Spannung, die bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung an die Primärwicklung gelegt werden muß, damit diese den Nenn-Primärstrom aufnimmt. Der Kurzschluß der Sekundärwicklung wird dabei gemäß § 28 ausgeführt.

Die Nenn-Kurzschlußspannung u_k wird aus der bei der Schaltung auf Normalstufe gemessenen Kurzschlußspannung berechnet. Sie wird in Prozenten der Nenn-Primärspannung ausgedrückt (siehe § 28).

§ 12.

Kurzschlußverlust.

Kurzschlußverlust des Gleichrichtertransformators ist die gesamte Stromwärmeleistung bei Gleichrichterbetrieb mit Nennleistung, die in allen Wicklungen und Ableitungen (also zwischen den Klemmen) in betriebswarmem Zustand verbraucht wird.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 15.

Sinusform von Spannungskurven.

Die Bestimmungen gelten unter der Voraussetzung einer praktisch sinusförmigen Welle der Primärspannungen (siehe § 14 von VDE 0530/1934 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M.").

Digitized by Google

Für Anlagen, in denen die speisende Primärspannung stärker von der Sinusform abweicht als in § 14 von VDE 0530/1934 angegeben, sind besondere Vereinbarungen zu treffen.

Hierbei ist zu beachten, daß die Rückwirkung der Gleichrichterbelastung auf die Kurvenform der speisenden Primärspannungen von dem Größenverhältnis der Gleichrichterleistung zur Nennleistung des Netzes sowie von den im Netz vorhandenen Blindwiderständen (Induktivitäten und Kapazitäten) abhängt.

§ 16.

Symmetrie von Mehrphasensystemen.

Die Bestimmungen gelten unter der Voraussetzung, daß das speisende Mehrphasenstrom- bzw. -spannungssystem praktisch symmetrisch ist (siehe § 15 von VDE 0530/1934).

§ 17.

Aufstellungsort.

Die Bestimmungen gelten unter der Voraussetzung, daß der Aufstellungsort der Gleichrichteranlagen nicht höher als 1200 m über N. N. liegt. Für einen höher gelegenen Aufstellungsort sind besondere Vereinbarungen zu treffen.

§ 18.

Betriebswarmer Zustand.

Die Bestimmungen beziehen sich auf den betriebswarmen Zustand, sofern die Temperatur von Einfluß und nichts anderes angegeben ist.

§ 19.

Prüfungen.

Die Hauptteile und Hilfseinrichtungen einer Gleichrichteranlage sind einzeln in den Werkstätten des Herstellers zu prüfen. Eine Prüfung der betriebsmäßig zusammengebauten Gleichrichteranlage und der Ort dieser Prüfung sind gegebenenfalls besonders zu vereinbaren.

§ 20.

Dichtheit der Gefäße und der Einrichtungen zur Vakuum-Herstellung.

Eisengefäße und Einrichtungen zur Vakuum-Herstellung von Gleichrichtern sollen genügend dicht sein, d. h. der Druck im nicht im Betrieb stehenden kalten Gleichrichter soll bei nicht laufenden Pumpen und offenem Vakuumhahn nach dem Auspumpen auf einen Druck von etwa 0,003 mm Hg (Torr) innerhalb eines Zeitraumes von mindestens 10 h nicht über 0,02 mm Hg (Torr) steigen.

B. Erwärmung und Überlastung.

§ 21.

Kühlmittel.

Die Bestimmungen gelten unter der Voraussetzung, daß die Kühlmitteltemperatur folgende Werte nicht überschreitet:

a) bei mittelbarer und unmittelbarer Luftkühlung 35 °, jedoch in Ländern mit tropischem oder subtropischem Klima 40 °,
b) bei mittelbarer oder unmittelbarer Wasserkühlung 25 °.

Die Kühlmittelverhältnisse sind zu vereinbaren.

§ 22.

Erwärmung.

Die höchstzulässige Temperatur des Gleichrichtergefäßes und seiner Einbauten ist nicht festgelegt, da diese vorwiegend von der Art der verwendeten Baustoffe und der Bauart abhängig ist.

§ 23.

Überlastung.

Für Gleichrichter mit Quecksilberkathode in Eisengefäßen mit Wasserkühlung bis 4200 A Nennstrom gilt die in Abb. 1 angegebene Überlastungsschaulinie. Überlastungen von mehr als 1 h gelten als Dauerbelastungen.

Die Überlastungen nach Abb. 1 beziehen sich nur auf die elektrische Überlastbarkeit der Gleichrichteranlage ohne Rücksicht auf die Erwärmung und dürfen im Betrieb nicht mehrfach aneinander anschließend wiederholt werden, jedoch sind sie anschließend an den Dauerbetrieb mit Nennleistung zulässig.

Bei diesen Überlastungen sind für Gleichrichtertransformatoren höhere Temperaturen zulässig als nach § 42 von VDE 0532/1935 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T." für Dauerbetrieb mit Nennleistung. Hierbei dürfen jedoch keine die Isolierung beeinträchtigenden Temperaturen auftreten.

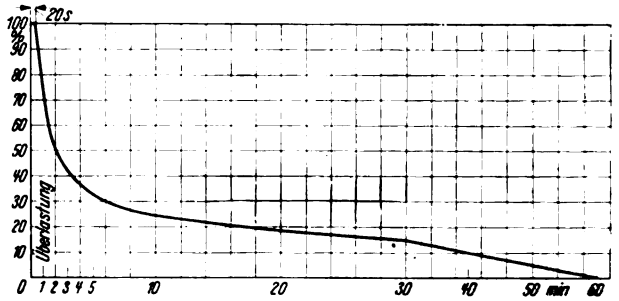


Abb. 1. Zulässige Überlastung für Eisengleichrichter mit Wasserkühlung bis 4200 A Nennstrom.

Besonders zu vereinbaren sind Überlastungen für:
Eisengleichrichter mit Luftkühlung
Glasgleichrichter
Glühkathodengleichrichter
Gleichrichter für mittelschweren Betrieb auf Stadtschnellbahnen, Vorort- und Überlandbahnen, sowie für schweren Vollbahnbetrieb.

C. Isolationsprüfungen.

§ 24.

Ausführung der Prüfungen.

Die Isolationsprüfung der Gefäße gehört nicht zu den üblichen Abnahmeprüfungen und braucht nicht mit diesen gleichzeitig stattzufinden. Sie hat für Eisengleichrichter beim Zusammenbau des Gleichrichters in der Werkstatt des Herstellers am nicht evakuierten Gleichrichter zu erfolgen.

Die Prüfspannung soll praktisch sinusförmig, ihre Frequenz gleich der Nennfrequenz oder 50 Per/s sein.

Bei der Vornahme der Prüfung sollen höchstens 50 % der Prüfspannung durch Einschalten mittels Schalter auf den Prüfling gegeben werden. Die Steigerung der Spannung vom halben Wert zum Endwert soll stetig oder in einzelnen Stufen von höchstens je 5 % der Endspannung erfolgen. Die Zeit der Spannungssteigerung vom halben Wert bis zum Endwert soll nicht kleiner als 10 s sein. Der Endwert der Prüfspannung ist während 1 min einzuhalten.

§ 25.

Prüfspannungen für Gleichrichter und Gleichrichtertransformatoren.

Die Isolationsprüfung ist mit den in Tafel II und III angegebenen Prüfspannungen vorzunehmen; hierbei bedeutet U_p den Effektivwert der Prüfspannung und U_g (in Volt) die höchste Gleichspannung bei Nennleistung (siehe § 5).

Tafel II. Prüfspannungen für Gleichrichter.

	Teil		Prüfspannung U_p
1.	Hauptanoden und damit verbundene Anlagenteile gegen Gefäß (nur bei Eisengleichrichtern) und gegen Erde		$3\,U_g + 2500$ V
2.	Erregeranoden, Zündanoden, Zündspulen gegen Gefäß (nur bei Eisengleichrichtern), Gitter gegen Hauptanoden und gegen Gefäß		1000 V
3.	Gefäß gegen Kathode (nur bei Eisengleichrichtern)		100 V
4.	Gefäß und damit verbundene Anlagenteile gegen Erde (nur bei Eisengleichrichtern)	bei nicht geerdeter Kathode	$2\,U_g + 1000$ V, mindestens 2500 V
5.	Kathode und damit verbundene Anlagenteile gegen Erde	bei geerdeter Kathode	100 V

Digitized by Google

Tafel III. Prüfspannungen für Gleichrichtertransformatoren und Zubehör.

	Teil		Prüfspannung U_p
1.	Transformatoren	Primärwicklungen gegen Sekundärwicklungen und gegen Körper	Nach § 47 von VDE 0532/1934 (Tafel VII)
2.		Sekundärwicklungen gegen Körper und wenn möglich zwischen den einzelnen Wicklungsteilen	$3\,U_g + 2500$ V
3.		Einrichtungen zur Verlängerung der Anodenbrenndauer, Stromteiler und dgl. gegen Erde	$3\,U_g + 2500$ V

D. Wirkungsgrad und Verluste.

§ 26.

Gewährleistungen.

Die Gewährleistungen beziehen sich auf den Wirkungsgrad der gesamten Gleichrichteranlage (siehe § 9), der folgende Einzelverluste enthält, die nicht getrennt für sich gewährleistet zu werden brauchen:

1. Im Gefäß einschließlich der Einrichtungen zur Vakuum-Herstellung und -Messung sowie zum Zünden und Aufrechterhalten des Lichtbogens.
2. Im Gleichrichter-Haupt- und -Vorschalttransformator.
3. In den Stromteilern für Anodenströme.
4. In den Einrichtungen zur Verlängerung der Anodenbrenndauer (z. B. Saugdrosseln).
5. In den Regel- und Gittersteuerungseinrichtungen.

Die Verluste in den Verbindungsleitungen, Glättungseinrichtungen und Rückkühleinrichtungen sind im allgemeinen nicht eingeschlossen.

Vor der Bestimmung des Wirkungsgrades einer Gleichrichteranlage soll der Gleichrichter gründlich formiert und bei der Messung betriebswarm sein. Die Angaben des Wirkungsgrades beziehen sich auf den Nennbetrieb.

Unterschieden werden:

a) Der unmittelbar gemessene Wirkungsgrad, der durch Messung der Leistungsaufnahme und Leistungsabgabe der gesamten Gleichrichteranlage ermittelt wird.

b) Der mittelbar gemessene Wirkungsgrad, der nur im ganzen aus der Summe der Einzelverluste ermittelt wird, wobei die Stromwärmeverluste auf die Betriebstemperatur umgerechnet werden.

§ 27.

Einzelverluste.

Die Einzelverluste sind:

1. Verluste durch den Spannungsabfall im Lichtbogen des Gleichrichters.

   Zur Bestimmung dieses Spannungsabfalls sind verschiedene Meßverfahren bekannt:

   a) Leistungsmessung,
   b) Oszillographisches Verfahren,
   c) Messung der durch das Kühlwasser abgeführten Verluste. Bei diesem Verfahren kann die Strahlung von Zylinder- und Anodenkühler zu 10 % der im Wasser abgeführten Leistung angenommen werden.

2. Verluste im Gleichrichtertransformator.

   Die Messung der Einzelverluste ist nach VDE 0532/1934 unter Beachtung von § 28 vorzunehmen.

3. Verluste als Leistungsbedarf für Zubehörteile, nämlich:

   a) Luftpumpensatz,
   b) Vakuummeßeinrichtung,
   c) Zünd- und Erregereinrichtung,
   d) Gittersteuerungseinrichtung,
   e) Einrichtungen zur Verlängerung der Anodenbrenndauer,
   f) Stromteiler für Anodenströme,
   g) Lüftung für Glasgleichrichter.

§ 28.

Kurzschlußmessungen am Gleichrichtertransformator.

Die Messung des Kurzschlußverlustes hat bei betriebswarmem Zustand zu erfolgen. Wenn dieser nicht hergestellt werden kann, so sind die gemessenen Kurzschlußverluste auf 75 ° umzurechnen.

Kurzschlußspannung und Kurzschlußverlust sind mit praktisch sinusförmigem Strom zu messen, wobei der Effektivwert des Primärstromes gleich dem Effektivwert des Nenn-Primärstromes des Transformators bei Gleichrichterbetrieb ist.

Bei Schaltung F_1 ist das $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 1{,}23$fache des Nenn-Primärstromes einzustellen.

Zur Messung der Kurzschlußverluste und der Kurzschlußspannung bei sechsphasiger Sekundärwicklung des Gleichrichtertransformators sind zwei Messungen vorzunehmen. Bei der ersten Messung sind drei um einen Phasenwinkel von 120 ° verschobene Sekundärwicklungen, bei der zweiten Messung die anderen drei Sekundärwicklungen kurzzuschließen.

Zur Ermittlung der Kurzschlußspannung und Kurzschlußverluste ist der Mittelwert aus diesen beiden Messungen zugrunde zu legen.

Bei den Schaltungen, bei denen die Stromverhältnisse sekundär im Kurzschlußversuch von denen im Gleichrichterbetrieb abweichen, sind zu den so gemessenen Verlustleistungen Zuschläge zu machen.

Bei den Dreiphasenschaltungen der Tafel I ist bei den Primärwicklungen kein Zuschlag zu machen; auf der Sekundärseite beträgt dieser Zuschlag $\frac{1}{3} R_s I_g^2$; hierbei ist I_g der Nennstrom und R_s der Widerstand eines Stranges der Sekundärwicklung.

Bei den Sechsphasenschaltungen der Tafel I sind Verlustzuschläge für die Schaltungen F_3 und G_3 erforderlich. Diese betragen für beide:

$$\frac{1}{3}\,(R_{sa} + R_{sb})\,I_g^2$$

Hierbei sind R_{sa} und R_{sb} die Widerstände eines Stranges der sekundären Teilwicklungen.

E. Leistungsfaktor.

§ 29.

Gewährleistungen.

Die Gewährleistungen für Leistungsfaktoren oder Verschiebungsfaktoren (siehe § 10) gelten nur unter der Voraussetzung praktisch sinusförmiger symmetrischer Spannungen an den Primärklemmen des Gleichrichtertransformators (siehe §§ 15 und 16).

Ob für die Gewährleistungen der Leistungsfaktor oder der Verschiebungsfaktor zu gelten hat, ist besonders zu vereinbaren. Im übrigen beziehen sich die Werte auf Nennfrequenz und Nennspannung an den Primärklemmen des Gleichrichtertransformators.

§ 30.

Meßverfahren.

Der Leistungsfaktor λ ist durch Messung der aufgenommenen Wirkleistung N_w, der primären Nennspannung U und des Primärstromes I für Drehstromnetze zu bestimmen aus:

$$\lambda = \frac{N_w}{\sqrt{3}\,U\,I} \qquad (3)$$

Der Verschiebungsfaktor ist durch die Messung der aufgenommenen Wirkleistung N_w und der aufgenommenen Blindleistung N_b zu bestimmen aus:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{N_b}{N_w} \text{ oder } \cos \varphi = \frac{N_w}{\sqrt{N_w^2 + N_b^2}} \qquad (4)$$

Übliche Leistungsfaktormesser geben den Verschiebungsfaktor an.

F. Spannungsänderung.

§ 31.

Gewährleistungen.

Die Gewährleistungen für die Spannungsänderung (siehe § 13) beziehen sich auf die Spannungsänderung in der Gleichrichteranlage, und zwar im Transformator, in den Einrichtungen zur Verlängerung der Anodenbrenndauer, im Stromteiler usw. und im Gleichrichtergefäß. Sie gelten unter der Voraussetzung praktisch sinusförmiger Primärspannungen (siehe § 15). Die gewährleistete Span-

Digitized by Google

nungsänderung einer Gleichrichteranlage mit Gittersteuerung gilt nur für die Spannungswerte bei voller Aussteuerung. In der Gewährleistung ist ferner anzugeben, welche höchste Spannung im Leerlauf auftritt.

G. Ursprungszeichen und Schilder.

§ 32.

Hersteller und Firmenzeichen.

Jeder Gleichrichter muß den Namen des Herstellers oder dessen Firmenzeichen tragen. Diese Angaben können auch auf dem Leistungsschild angebracht werden.

§ 33.

Leistungsschild.

Das Leistungsschild des Gleichrichtertransformators muß §§ 63, 63 a und 64 von VDE 0532/1934 entsprechen und außerdem mit dem Vermerk „Gleichrichterbetrieb" versehen sein.

Das Leistungsschild von Gleichrichtern muß mindestens folgende Angaben enthalten:

1. Modellbezeichnung,
2. Fertigungsnummer,
3. Nennspannung,
4. Nennstrom,
5. Nennleistung.

H. Toleranz.

§ 34.

Zulässige Abweichungen.

Toleranz ist die höchstzulässige Abweichung des festgestellten Wertes von den nach diesen Regeln gewährleisteten Werten. Sie soll die unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Beschaffenheit der Rohstoffe, Ungenauigkeiten der Fertigung und Meßfehler decken. Die zulässigen Abweichungen von den gewährleisteten Werten sind Tafel IV zu entnehmen.

Tafel IV. Toleranzen.

	I Gewährleistungen für	II Zulässige Abweichungen
1.	Gleichspannung nach § 5	± 1,5 % der Nennspannung
2.	Spannungsänderungen nach § 31	± 15 % der gewährleisteten Spannungsänderung
3.	Wirkungsgrad η nach § 26	± 1 %
4.	Leistungsfaktor λ, Verschiebungsfaktor $\cos\varphi$ nach § 29	für 100 % Nennleistung ± 2 % des Sollwertes für 75 % Nennleistung ± 2 % für 50 % Nennleistung ± 3 % „ „

VDE-Fachberichte 1936.

Die Verlagsabteilung des VDE hat soeben die Buchausgabe der „VDE-Fachberichte 1936" zur Auslieferung fertiggestellt.

Den Hauptteil des 187 Seiten Text umfassenden Bandes bilden die 53 Fachvorträge unserer diesjährigen (38.) Mitgliederversammlung in München, deren Anschaulichkeit durch 276 Abbildungen nach den vorgeführten Lichtbildern unterstützt wird. Der Wortlaut der Aussprachen zu den einzelnen Berichten ist an diese anschließend abgedruckt, die Zusammenfassungen der Einführenden gehen jeweils den 14 Gruppen voraus.

Um die wissenschaftliche Auswertung des Bandes zu erleichtern sind ihm — zum ersten Male bei den VDE-Fachberichten — Inhaltsfahnen gemäß DIN Vornorm 1504 auf einseitig bedruckten Blättern beigegeben worden, so daß sie ausgeschnitten, auf Karten im Dinformat A 7 oder im Internationalen Bibliothekskartenformat 75 × 125 mm geklebt und dem Schrifttumsverzeichnis eingefügt werden können. Die einzelnen Fahnen enthalten DK-Zahl, Verfassernamen, Titel, Quellenhinweis und Kurzbericht.

Der Preis des Bandes ist wie im Vorjahr:

für VDE-Mitglieder
kartoniert 6,80 RM in Halbleinen 9,— RM
für Nichtmitglieder
kartoniert 10,20 RM in Halbleinen 13,50 RM.

Der Band ist durch jede Buchhandlung zu beziehen oder unmittelbar von der Verlagsabteilung des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus. Lieferung erfolgt umgehend.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Zurückziehung von Prüfzeichengenehmigungen.

Für die nachstehend aufgeführten Erzeugnisse wurden die Prüfzeichengenehmigungen — zum Teil auf Wunsch der Genehmigungsinhaber — für ungültig erklärt:

1. Spannungssucher für 110 bis 750 V, mit optischer Anzeige (Glimmlampe) der N. V. Philips Gloeilampenfabrieken A.-G., Eindhoven (Gen.-Nr. 5856).
2. Fassungen aus Isolierpreßstoff für 250 V, Gewinde E 27, Pl.-Nr. 57 (Gen.-Nr. 7062) und Armaturen aus Isolierpreßstoff für 250 V, Gewinde E 27, Pl.-Nr. 1099 (Gen.-Nr. 162/7) der Fa. Richard Demmler's Wwe., Blechhammer/Thür.
3. Sparpatronen mit auswechselbarem Schmelzeinsatz (D-System) 6 bis 25 A 500 V, Type „Elsama" der Fa. Sächsische Maschinen- und Schraubenfabrik G. m. b. H., Leipzig (Gen.-Nr. 7324).

Der Ablauf dieser Genehmigungen wird besonders bekanntgemacht, weil die Genehmigungsausweise abhanden gekommen sind oder aus anderen Gründen der Prüfstelle nicht zurückgegeben wurden.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann

Deutscher Ausschuß der CIGRE.

Hierdurch wird gebeten, alle Anfragen, welche die Internationale Hochspannungskonferenz betreffen, dem Deutschen Ausschuß der CIGRE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, zwecks einheitlicher Bearbeitung zuzuleiten.

Deutscher Ausschuß der CIGRE.
Der Schriftführer:
Blendermann

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Fachversammlung

der Fachgruppe „Elektrophysik"

Fachgruppenleiter: Dr. phil. G. Mierdel VDE

Vortrag

des Herrn Dr. phil. F. Hoffmann, Berlin, am Donnerstag, dem 17. Dezember 1936, um 20 Uhr, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Widerstände aus künstlicher Kohle".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Digitized by Google

Vortragsreihe.

Der VDE Gau Berlin-Brandenburg veranstaltet in der Zeit vom 11. 1. 1937 bis 1. 3. 1937 in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule eine Vortragsreihe über das Thema:

„Entwicklung, Gestaltung und Verwendung elektrotechnischer Isolierstoffe".

Vortragsfolge:

1. Vortrag (11. 1. 1937):
   „Zur Physik der anorganischen Isolierstoffe". Professor Dr. W. Eitel, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Silikatforschung, Berlin.
2. Vortrag (18. 1. 1937):
   „Zur Physik der organischen Isolierstoffe". Dr. R. Vieweg VDE, o. Professor an der Technischen Hochschule Darmstadt.
3. Vortrag (25. 1. 1937):
   „Prüfung von Isolierstoffen und Meßergebnisse aus der Isolierstofftechnik". Dr. G. Pfestorf VDE, Regierungsrat an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin.
4. Vortrag (1. 2. 1937):
   „Keramische Isolierstoffe". Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Hermsdorf (Thür.).
5. Vortrag (8. 2. 1937):
   „Die organischen Isolierstoffe in der Hochspannungstechnik". Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Oberingenieur bei der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin.
6. Vortrag (15. 2. 1937):
   „Isolierstoffe in der Niederspannungstechnik". A. Hermanni VDE, Direktor bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.
7. Vortrag (22. 2. 1937):
   „Isolierstoffe in der Fernmeldetechnik". K. Franz, Oberingenieur bei der Siemens & Halske AG., Berlin.
8. Vortrag (1. 3. 1937):
   „Isolierstoffe in der Elektrowärmetechnik". Dr.-Ing. habil. W. Fischer VDE, Berlin.

Zeit: Montag, abends pünktlich 18^{30} bis 20^{00}.

Ort: Großer Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Teilnehmerkarten sind erhältlich:

a) beim VDE Gau Berlin-Brandenburg, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, Postscheckkonto Berlin 133 02;

b) in der Technischen Hochschule, Zimmer 235 (Hauptgebäude).

Der Preis sämtlicher Vorträge beträgt:

a) für VDE-Mitglieder	8 RM
b) für Studenten	4 „
c) für andere Teilnehmer	12 „

Karten für einzelne Vorträge werden nicht ausgegeben. Kleiderablage frei.

Winterfest.

Am **Donnerstag, dem 14. Januar 1937,** veranstalten wir im Marmorsaal (mit Nebenräumen) des Zoologischen Gartens zu Berlin unseren traditionellen Gesellschaftsabend. Nähere Einzelheiten werden noch bekanntgegeben. Wir bitten jedoch schon heute, sich den Tag frei zu halten.

Wegen einer am 15. 1. 37 stattfindenden Großkundgebung des Amtes für Technik, Gau Berlin und des NSBDT wurde der in den VDE-Mitteilungen Nr. 13 angegebene Termin für das Winterfest auf den 14. 1. 37 vorverlegt.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die nachstehenden Zusammenkünfte finden jeweils um 18^{00} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses, Charlottenburg, Bismarckstraße 33 statt. Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Für sämtliche Arbeitsgemeinschaften:

10. 12. 1936 „Besichtigung der VDE-Prüfstelle im VDE-Haus".
Treffpunkt: Für die I. Gruppe um 18^{00}, für die II. Gruppe um 18^{30} im Jungingenieurzimmer des VDE-Hauses. Teilnahme nur mit Karte!

Industrieanlagen. Leiter: Dr.-Ing. R. v. Meibom.
11. 12. 1936 „Der elektrische Einzelantrieb für Werkzeugmaschinen", Vortragender: Dipl.-Ing. R. Sossna.

Kabeltechnik. Leiter: Dipl.-Ing. F. Kaiser VDE.
14. 12. 1936 „Ölkabel".
Vortragender: Dipl.-Ing. O. Möller VDE. Beginn: 18^{30}.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baumeister a. D. Dr.-Ing. H. Kother VDE.
15. 12. 1936 „Allgemeine Gesichtspunkte für die Planung elektrischer Triebfahrzeuge".
Vortragender: Professor Dr.-Ing. P. Müller VDE.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. W. Böhlau.
16. 12. 1936 „Wirkungsweise und Schaltung von Stromrichteranlagen".
Vortragender: Dipl.-Ing. B. Voigt.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. A. Allerding VDE.
17. 12. 1936 „Röhrensender".
Vortragender: Ingenieur J. Kammerloher VDE, Lehrer an der Gauss-Schule. Dieser Vortrag findet wegen der vorzuführenden Versuche in der Gauss-Schule, Berlin SW 68, Lindenstr. 97/98, um 18^{00} statt.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

Gau Bergisch-Land, Wuppertal. 15. 12. (Di), 20^{15}, „Saal der Technik": „Überspannungen und Überspannungsschutz". Dr.-Ing. G. Frühauf VDE.

Gau Danzig. 14. 12. (Mo), 20^{00}, T. H.: „Spulen mit Hochfrequenzeisen unter Berücks. der Hochfrequenzeisen-Herstellung" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. A. Hecht VDE.

Gau Düsseldorf. 11. 12. (Fr), 20^{00}, „Gesellschaft Verein": „Einige Gesichtspunkte über die neuzeitliche Entwicklung des elektrischen Antriebes von Werkzeugmaschinen". Dipl.-Ing. Haller VDE.

Gau Magdeburg. 15. 12. (Di), 20^{15}, Ver. Techn. Staatslehranstalten: „Transformatoren mit schwingungsfreier Wicklung und sinusförmigem Magnetisierungsstrom". Dr.-Ing. E. Schäfer VDE.

Gau Mittelbaden, Karlsruhe. 15. 12. (Di), 20^{00}, Elektrot. Inst.: „Über den Sicherheitsgrad in Hochspannungsanlagen" (m. Lichtb. u. Film). Dr. V. Aigner VDE.

Gau Niederrhein, Krefeld. 15. 12. (Di), 20^{15}, Hotel Europäischer Hof, Kanalstraße: „Spezialleitungen und zeitgemäße Leitungsverlegung". Obering. Bodemann.

Gau Nordhessen, Kassel (gemeinsam mit dem VDI). 18. 12. (Fr), 20^{00}, Hess. Landesmuseum: „Probleme der Raum- und Materialersparnis in der Elektrotechnik" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. E. König VDE.

Gau Oberschlesien, Gleiwitz. 15. 12. (Di), 17^{00}: Besichtigung des Rundfunksenders in Gleiwitz. Treffpunkt: Gleiwitz, Tarnowitzer Landstr. 129/131.

Gau Saar, Saarbrücken. 18. 12. (Fr), 20^{00}, Handwerkskammer: „Neuzeitliche Nachrichtenmittel für den Luftschutz" (m. Lichtb.). Obering. Gust.

Gau Südhessen, Darmstadt. 16. 12. (Mi), 20^{15}, T. H.: „Expansionsschalter und seine Einfügung in den modernen Schaltanlagenbau". Obering. K. Etzel VDE.

Gau Württemberg, Stuttgart. 17. 12. (Do), 20^{00}, T. H.: „Querschnitt durch die neuen Aufgaben und Lösungen der Spannungshaltung vom Kraftwerk zum Verbraucher". Obering. Kraft.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Das elektroakustische Klavier. Von Dr. O. Vierling. Mit 41 Abb. u. 50 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 3,50 RM; f. VDI-Mitgl. 3,15 RM.

Das Ziel der Arbeit war, mit Hilfe der Elektrizität ein neues Musikinstrument zu schaffen, das die Grenzen der bisherigen Instrumente überschreitet und neue Arten der Tonerzeugung, Spielweisen und Klangfarben bringen soll. Dieses Ziel wurde verwirklicht durch Benutzung von angeschlagenen Saiten in der Art, wie es in einem Klavier erfolgt. Die mechanischen Schwingungen der Saiten werden magnetisch oder elektrostatisch in elektrische Schwingungen umgeformt. Durch die Art und Stellung der „Abnahme" und durch Verwendung zweier miteinander gekoppelter Saiten, von denen nur eine angeschlagen wird, lassen sich jetzt Klangfarben verschiedenster Art erhalten, und durch Einschalten von Schwingungs- und Siebkreisen lassen sich auch ausgeprägte Formanten erzielen. Nach den Angaben des Verfassers erhält man so die Möglichkeit, mit einem klavierähnlichen Instrument nicht nur die Klangfarben eines guten Klaviers, sondern auch alle Übergänge zum Klang von Cembalo, Orgel, Holzbläserklang usw. zu erhalten. Der Verfasser beschreibt hier in qualitativer Weise die Wege, welche er beim Bau seines Klaviers gegangen ist. Es ist sehr reizvoll, ihm hierin zu folgen, jedoch wird man an mehreren Stellen ein Eingehen auf die bereits veröffentlichten Vorarbeiten von anderer Seite, insbesondere über die Bedeutung der Einschwingvorgänge und eine quantitative Darstellung der Ergebnisse, vermissen. E. Lübcke.

Bessere Antennen — besserer Empfang. Unter Berücks. d. Kurzwellen-Sende- und Empfangsantennen. Von R. Wigand u. K. W. Lucas. (Die Telefunken-Buchreihe, Bd. 4.) Mit 109 Abb. u. 83 S. im Format A 5. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1936. Preis kart. 1,40 RM.

Die stetig wachsende Güte der Empfänger ließ in manchem Rundfunkhörer den Eindruck wach werden, daß die Antenne ein veraltetes Ausrüstungsstück sei, das allmählich verschwinden müsse. Mit vollem Recht weisen aber die Verfasser darauf hin, daß gerade die empfindlichsten Empfänger die besten Antennen verlangen. Aus einer reichen Erfahrung heraus — auch mit kurzen Wellen — bringen die Verfasser alles Wissenswerte in leicht verständlicher Sprache und mit guten Bildern, und jeder, der mit seinem Rundfunk noch nicht zufrieden ist, sollte das Büchlein lesen. Karl Mühlbrett VDE.

Technische Berichte. 24 Berichte über den Stand der Technik auf Einzelgebieten entsprechend den Ausstellungsgegenständen der Leipziger Messe. Herausg. vom Leipziger Meßamt, Körperschaft des öffentlichen Rechts. Schriftleitung H. Häneke. Mit zahlr. Abb. im Format A 4. Vertrieb durch VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1936. Preis der Klemmappe mit 24 Berichten 10 RM, Einzelbericht 0,50 RM.

Die Berichte, die in fünf Gruppen unterteilt sind, geben einen Einblick in die Darbietungen der wichtigsten Zweige der deutschen Produktionsmittelindustrie auf der Großen technischen Messe und Baumesse Leipzig, die alljährlich in der ersten Märzwoche im Rahmen der Leipziger Frühjahrsmesse abgehalten wird. Mit den Berichten wird der Versuch gemacht, einem weiteren Kreis die Ergebnisse der Messe nutzbar zu machen und die Kenntnis deutscher technischer Arbeit in der Welt zu vertiefen und zu verbreitern. Von Fachleuten wird auf das Wesen und den gegenwärtigen Stand der Technik auf den einzelnen Fachgebieten eingegangen und hierzu die Schaustellung auf der Messe als Beispiel herangezogen. Auch technische Verbände, wie der VDE, der VDI u. a., haben bei der Abfassung der Berichte mitgewirkt. In der Berichtsreihe ist die Gruppe C besonders dem Fachgebiet „Elektrotechnik" gewidmet, die stets auf der Messe im Haus der Elektrotechnik lückenlos vertreten ist. Im Bericht 11 a werden Elektrotechnik—Stromerzeugung (Dipl.-Ing. Reinisch), 11 b Elektrotechnik—Stromverteilung (Dipl.-Ing. Remde), 12 Industrielle Anwendung der Elektrotechnik (Prof. Dr. techn. Unger), 13 a Fernsprech- und Fernmeldetechnik, 13 b Rundfunk und Fernsehen (Ing. Schwandt) behandelt. Auch in den Gruppen A, Kraft- und Arbeitsmaschinen, und B, Werkstoffe und ihre Bearbeitung, findet der Elektrotechniker viele Anregungen zur Betätigung in seinem Fach. Im ganzen wird durch die Berichte zum Besuch der Messe angeregt, der ja der Zweck jeder Messe, aber insbesondere der der Ausfuhr dienenden Leipziger Messe ist.

A. Przygode VDE.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Die jüngste Energie und ihre Sendung. Geschichte und Wesen der Elektrizität und ihre Bedeutung für Volk und Wirtschaft. Von Dr.-Ing. H. F. Mueller. Mit 15 Abb. u. 84 S. im Format A 5. Verlag für Sozialpolitik, Wirtschaft und Statistik, G. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 0,75 RM.

[Die Entwicklung der Technik bis zum heutigen Stande, in dem die Ausnutzung künstlicher Energien, insbesondere der elektrischen Energie, für das Schaffen der Menschen eine vorherrschende Stellung einnimmt, wird erörtert. Auf die große Bedeutung der Elektrowirtschaft mit ihren Organisationen wird mit einem Hinweis auf die Zukunftsaufgaben der Elektrotechnik und Elektrowirtschaft umfassend eingegangen.] *Pge.*

Der Wert der Wärmeersparnis, erläutert an der elektrowirtschaftlichen Gesamtstatistik Deutschlands und der V. S. Amerika 1912 bis 1934. Ein betriebswirtschaftlicher Beitrag zur Kostendynamik. Von Dr.-Ing. F. zur Nedden. (Erschien auch als Dr.-Ing.-Dissertation des Verf., T. H. Darmstadt, unter gleichem Titel.) Mit zahlr. Abb. u. 163 S. im Format B 5. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1936. Preis geh. 8 RM.

Veranstaltungen anderer Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 16. 12. (Mi), 19^{30}, Phys. Inst. der Universität: 1. „Der Kristallformfaktor in der Theorie der Elektroneninterferenzen" (nach einer Arbeit gemeinsam mit K. H. Riewe). M. von Laue. 2. „Analyse der Sperrschichtwirkung an Kupferoxydulschichten mit meßbar abgestufter Leitfähigkeit". E. Waibel.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft Gau West, Münster i. W. 17. 12. (Do), 20^{00}, Haus der Technik: „Reklamebeleuchtung unter bes. Berücks. der wirtschaftlichen Bedeutung und der zeitgemäßen Bauweise" (m. Lichtb. u. Vorführ.). Obering. Krüger.

Berichtigung.

In dem Aufsatz über die „Entwicklung der elektrischen Energiefernübertragung" in H. 48, S. 1369 ist in der linken Spalte 6. Zeile ein Druckfehler enthalten: Göbel machte 1854 seine Glühlampen-Versuche.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955/56

Abschluß des Heftes: 4. Dezember 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 17. Dezember 1936 | Heft 51

Planung guter Beleuchtung für Büro und Werkstatt.

Von E. Kämmerer, Berlin.

621. 32 : 628. 972. 001. 1

Übersicht. Die Gesichtspunkte bei der Planung neuer Beleuchtungsanlagen werden kurz aufgezeigt. Einfache Mittel werden angegeben, um die Mängel und Fehler bestehender Anlagen abstellen zu können. Der Gang der Berechnung verschiedener Beleuchtungsanlagen wird beschrieben.

Umfangreiche Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß die menschliche Leistungsfähigkeit und die Güte jeder Arbeit weitgehend von der richtigen Beleuchtung abhängt[1]). Da das Auge bei jeder Arbeit in erster Linie beteiligt ist, sollte der Beleuchtung ganz besondere Sorgfalt gewidmet werden, zumal für einen großen Teil der Arbeitszeit, insbesondere bei Nachtarbeit, künstliche Beleuchtung benötigt wird.

Die amtliche Statistik des letzten Jahres ergibt, daß 72 % aller Betriebe unzureichend und mangelhaft beleuchtet sind. Dies zeigt mit erschreckender Deutlichkeit, daß den Beleuchtungsanlagen bisher nicht das erforderliche Interesse entgegengebracht wurde. Man betrachtet sie auch heute noch als ein notwendiges Übel und nicht als das wichtigste Werkzeug, ohne welches alle anderen Werkzeuge und Maschinen unbrauchbar wären.

Einwandfreie und ausreichende künstliche Beleuchtung kann sehr wohl das Tageslicht ersetzen. Besondere Anstrengung der Augen oder vorzeitige Ermüdung können durchaus vermieden werden.

Bei der Planung der Beleuchtung, welche stets nach lichttechnischen Gesichtspunkten vor Verlegung der Leitungen vorgenommen werden muß, sind außer Stromart und Netzspannung die Raumhöhe, Art und Farbe der Decke und Wände, ob weiß, glatt oder ob Unterzüge und Oberlichter vorhanden sind, ferner die Art der Arbeit und die Anordnung der Arbeitsplätze zu berücksichtigen. Weiter muß beachtet werden, ob der Raum Feuchtigkeit, Gase oder brennbaren Staub bzw. explosive Staubgemische enthält und ob behördliche Vorschriften vorliegen.

Die Beleuchtung kann in verschiedener Weise erfolgen. Es ist zu entscheiden, ob nur eine allgemeine Raumbeleuchtung oder eine gemischte Beleuchtung, d. h. eine örtliche Sonderbeleuchtung der einzelnen Arbeitsplätze mit zusätzlicher Raumbeleuchtung gewählt werden soll. Diese Frage wird in erster Linie nach den vorliegenden Arbeitsverhältnissen entschieden.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 19, S. 535; H. 49, S. 1435.

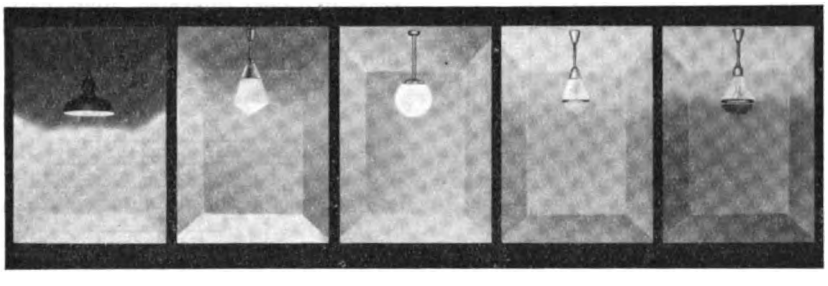
Allgemeine Raumbeleuchtung.

Hier entscheidet man zwischen:

a) direkter Beleuchtung,
b) vorwiegend direkter Beleuchtung,
c) gleichförmiger Beleuchtung,
d) halbindirekter Beleuchtung,
e) indirekter Beleuchtung.

In der Abb. 1 sind diese fünf verschiedenen Beleuchtungsarten an dem Beispiel einer Schaufensterbeleuchtung zusammengestellt. Reine Allgemeinbeleuchtung gewährleistet die besten Seh- und Arbeitsbedingungen, sofern Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit ausreichen. Ein solcher Raum ist sehr gut zu übersehen und leicht zu beaufsichtigen.

Hinsichtlich der Wahl der Arbeitsplätze und der Aufstellung der Werkzeugmaschinen ist man von der Anordnung der Leuchten unabhängig. Sie kommt daher in erster Linie dort in Betracht, wo die Arbeitsplätze nicht von vornherein festgelegt werden, oder wo sie ständig wechseln, z. B. in Gießereien oder Montagewerkstätten, oder in Fabrikräumen, in denen ein Arbeiter große oder mehrere Maschinen bedienen und übersehen muß, wie in Webereien, Spinnereien usw. Ferner dort, wo es wirtschaftlich möglich ist, die in diesem Fall für den ganzen Raum erforderlichen entsprechend hohen Beleuchtungsstärken zu erzeugen.



direkt | vorwiegend direkt | gleichförmig | halbindirekt | indirekt

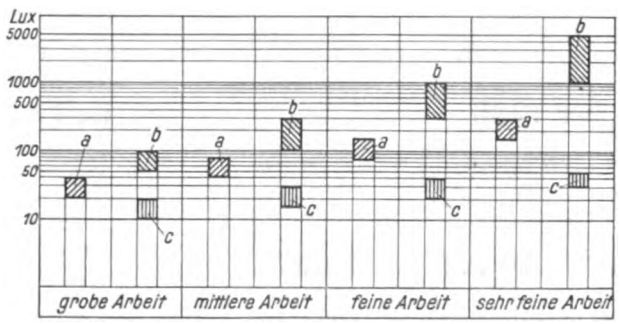
Abb. 1. Wirkungsweise verschiedener Beleuchtung.

Einzelplatzbeleuchtung mit zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung.

Bei örtlicher Beleuchtung der einzelnen Arbeitsplätze kann diese den Bedürfnissen der Arbeit weitgehend angepaßt werden. In diesem Fall ist nur eine engbegrenzte kleine Fläche aufzuhellen, was sich mit einem entsprechend geringen Lichtstrom durchführen läßt. Dieser Vorteil wird aber zum Teil dadurch wieder aufgehoben, daß bei Einzelarbeitsplatzbeleuchtung wesentlich höhere Beleuchtungsstärken erforderlich werden, denn die starken Kontraste zwischen der hellen Arbeitsfläche und dunkleren Umgebung verschlechtern die Sehbedingungen, so daß zum Ausgleich die Arbeitsfläche heller beleuchtet werden muß als bei reiner Allgemeinbeleuchtung (Abb. 2). Außerdem muß unter allen Umständen eine ausreichende zu-

Digitized by Google

sätzliche Allgemeinbeleuchtung vorhanden sein. Ferner entstehen durch die weitgehende Unterteilung der Lichtquelle höhere Anlagen- und Betriebskosten, weil man auf größere Glühlampeneinheiten verzichten muß. Die Lichtausbeute derselben steigt mit ihrer Leistungsaufnahme



a reine Allgemeinbeleuchtung *b* Arbeitsplatzbeleuchtung
c zusätzliche Allgemeinbeleuchtung

Abb. 2. Erforderliche Beleuchtungsstärken nach DIN 5035.

(Abb. 3). Zudem kann man für Allgemeinbeleuchtung von Werkstätten und Fabrikhallen Metalldampflampen, insbesondere Quecksilberdampflampen, verwenden, die sich den Glühlampen gegenüber durch eine besonders hohe Lichtausbeute auszeichnen.

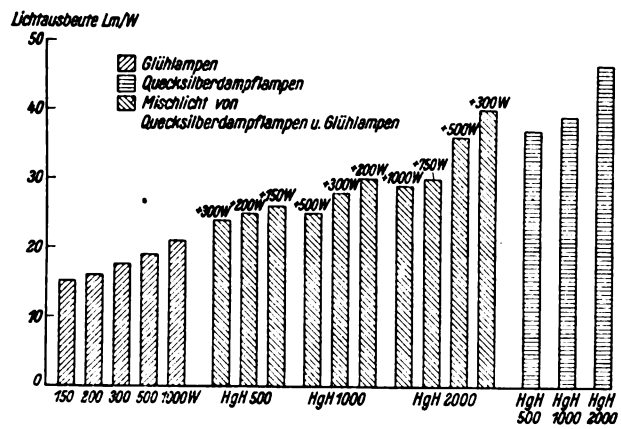


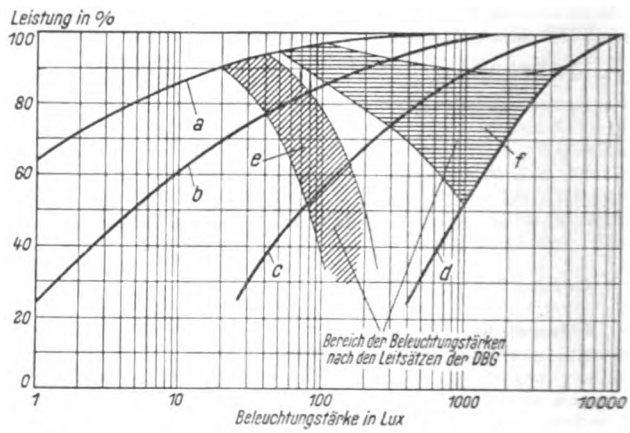
Abb. 3. Vergleich der Lichtausbeute von Quecksilberdampflampen, Quecksilberdampflampen und Glühlampen als Mischlicht, und Glühlampen.

Das Anwendungsgebiet dieser Lampen ist aber infolge ihrer eigenartigen Lichtfarbe und dadurch, daß sie nur bei Wechselspannung betrieben werden können, gewissen Einschränkungen unterworfen. Durch Beimischung von Glühlampenlicht im Lichtstromverhältnis Quecksilberdampflicht : Glühlampenlicht von 1 : 1 bis 1 : 2 kann die Lichtfarbe der des Tageslichtes mehr oder weniger angenähert werden, so daß diese Lampen auch dort verwendet werden können, wo die Erkennung bestimmter Farben gefordert wird. Da es sich um eine trägheitslose Lichtquelle handelt, ist die Beimischung von Glühlampenlicht auch dort notwendig, wo stroboskopische Erscheinungen (Flimmern) bewegter Teile unterdrückt werden sollen, z. B. in Räumen, in denen sich schnellaufende Maschinen befinden.

Kennzeichen guter Beleuchtung.

Die Kennzeichen guter Beleuchtung sind:
a) ausreichende Beleuchtungsstärke,
b) zeitliche und örtliche Gleichmäßigkeit,
c) Vermeidung von Blendung jeder Art,
d) genügende Schattigkeit,
e) richtige Lichtfarbe.

a) Beleuchtungsstärke. — Als Anhaltspunkt für die Bemessung der richtigen Beleuchtungsstärke dienen die in den Deutschen Industrienormen (Din 5035)[2]) aufgenommenen Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht, welche für die Industrie verbindlich sind. Zahlenmäßige Angaben für die einzelnen Arbeiten sind in den Leitsätzen enthalten. Die Abhängigkeit der Sehleistung von der Art der Beleuchtung und der Beleuchtungsstärke zeigt Abb. 4.



a grobe Arbeit
b mittlere Arbeit
c feine Arbeit
d sehr feine Arbeit
e reine Allgemeinbeleuchtung
f Einzelplatzbeleuchtung mit zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung

Abb. 4. Abhängigkeit der Sehleistung von der Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Arbeitsarten.

Das Erkennungsvermögen wächst nicht proportional mit der Beleuchtungsstärke. Bei ursprünglich schwacher Beleuchtung nimmt es anfangs sehr schnell, dann jedoch, wie aus der Darstellung ersichtlich, immer langsamer zu, so daß es zwecklos ist, einen gewissen Wert der Beleuchtungsstärke zu überschreiten. Das Erkennungsvermögen ist außer von der Beleuchtungsstärke abhängig von Kontrast und dem Rückstrahlungsvermögen des Werkstoffes. Die Lichtrückstrahlung bzw. Aufsaugung der verschiedenen Farben ist in Abb. 5 dargestellt.

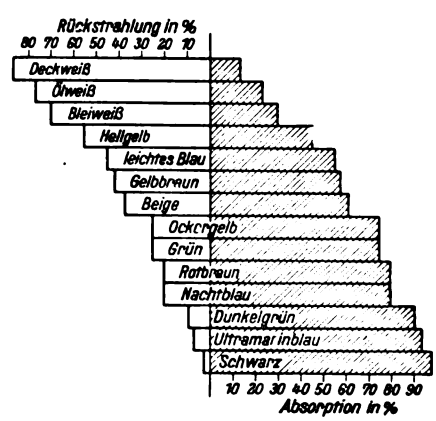


Abb. 5. Rückstrahlungsvermögen verschiedener Wandanstrichfarben.

Die Leitsätze enthalten deshalb jeweils einen Mindest- und einen empfohlenen Wert. Die Mindestwerte sollten nur bei den günstigsten Rückstrahlungsbedingungen genommen werden. In besonderen Fällen kann auch die Überschreitung der in den Leitsätzen empfohlenen Werte erforderlich sein. In der Regel aber wird die Einhaltung dieser Werte und der Spielraum zwischen dem Mindest- und dem empfohlenen Wert ausreichen, um für die verschiedenen Arbeitsverhältnisse völlig ausreichende Beleuchtungsstärken zu schaffen.

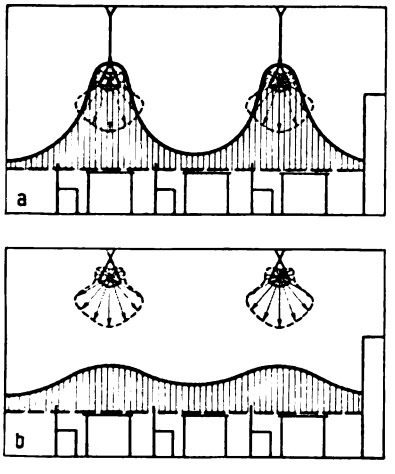
[2]) Zu beziehen durch die Beuth-Verlag G.m.b.H., Berlin SW 19. S. a. ETZ 57 (1936) H. 2, S. 53 (Aufstellung neuer Normblätter der Lichttechnik).

Digitized by Google

b) Gleichmäßigkeit. — Es gibt keinen Raum, in welchem die Beleuchtung völlig gleichmäßig ist. Absolute Gleichmäßigkeit ist auch nicht erforderlich. Störend jedoch sind Ungleichmäßigkeiten, wenn dadurch die Sehfähigkeit in Frage gestellt ist. Das Auge braucht eine gewisse Zeit, um sich von hell auf dunkel umzustellen. Sind diese Kontraste sehr schroff, so sind starke Ermüdung und Leistungsminderung und gegebenenfalls sogar Unfälle die Folge. Starke Beleuchtungsunterschiede sind auch zwischen benachbarten und häufiger nacheinander betretenen Räumen zu vermeiden.

Als Richtlinie sind in den Leitsätzen die niedrigsten Beleuchtungsstärken, welche an der ungünstigsten Stelle nicht unterschritten werden sollen, zahlenmäßig angegeben.

Die Gleichmäßigkeit ist neben dem Abstand der Leuchten untereinander und der Aufhängehöhe weitgehend von der Art der Beleuchtung abhängig. In Fabrikhallen, Shedbauten und Räumen mit dunklen Decken und Wänden oder solchen mit Oberlichtern kommen nur Leuchten für direktes Licht in Frage. In diesem Fall wird die bestmögliche Gleichmäßigkeit nur bei einem bestimmten Verhältnis der Aufhängehöhe der Leuchten zum Abstand derselben untereinander erreicht.



a Falsch
zu niedrige Aufhängehöhe, daher ungenügende Gleichmäßigkeit

b Richtig
große Aufhängehöhe, daher gute Gleichmäßigkeit

Abb. 6. Gleichmäßigkeit der Beleuchtung in Abhängigkeit von der Aufhängehöhe.

Ist a der Abstand der Leuchten untereinander und h die Aufhängehöhe bzw. Lichtpunkthöhe über Fußboden, so wird die beste Gleichmäßigkeit erreicht, wenn $h = \frac{a}{2} + 1$ bis $\frac{a}{3} + 1$ ist.

In Räumen mit hellen Decken und Wänden ohne Oberlichter wählt man zweckmäßig vorwiegend direktes Licht. Hierfür kommen Leuchten mit opalüberfangenen, gut lichtstreuenden Gläsern, jedoch mit hellem Boden in Betracht. Bei dieser Beleuchtungsart wird der größte Teil des Lichtstromes nach unten, der kleinere Teil nach oben und seitwärts gegen die Decke und Wände gelenkt und von hier zerstreut in den Raum zurückgeworfen. In diesem Fall gilt hinsichtlich der Gleichmäßigkeit für Aufhängehöhe und Leuchtenabstand ein Verhältnis je nach der gewünschten Gleichmäßigkeit über dem Arbeitsplatz von

$$1 : 1{,}5 \text{ bis } 1 : 2.$$

Die hiermit erzielte Beleuchtung gibt naturgemäß weichere Schatten und eine gute Aufhellung der oberen Raumteile (Abb. 6).

Für gleichförmige Beleuchtung werden meist Leuchten mit allseitig opalüberfangenem Kugelglas verwendet. Für diese Leuchten ist für die beste Gleichmäßigkeit ein ganz bestimmtes Verhältnis der Lichtpunkthöhe über dem Arbeitsplatz maßgebend.

Ist a der Abstand der Leuchten voneinander und h die Lichtpunkthöhe über Arbeitsplatz, so wird die beste Gleichmäßigkeit erzielt, wenn $h = 0{,}7 \cdot \frac{a}{2}$ ist.

Grundsätzlich andere Verhältnisse bestehen für die Gleichmäßigkeit bei halbindirekter und indirekter Beleuchtung. Hier muß besonders darauf geachtet werden, daß die Leuchten weit genug von der Decke entfernt sind, denn in diesem Fall wird der größte Teil bzw. der gesamte Lichtstrom gegen die Decke und den oberen Teil der Wände gestrahlt, um von hier gleichmäßig gestreut in den Raum zurückgeworfen zu werden. Bei den üblichen Abständen der Leuchten wird eine genügende Gleichmäßigkeit erreicht, wenn der Lichtpunkt ungefähr 1 m bis 1,30 m von der Decke entfernt ist. Es ist jedoch immer ratsam, sich nach den Lichtverteilungskurven der Herstellerfirma, aus welchen der Ausstrahlungswinkel der Leuchte hervorgeht, zu richten.

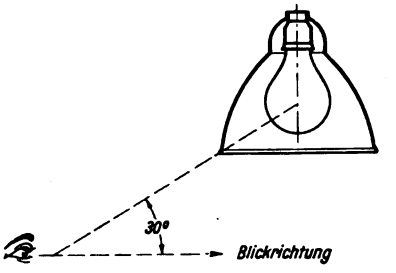


Abb. 7. Blendungsschutz durch ausreichende Abschirmung der Glühlampe.

Mit halbindirekter Beleuchtung werden sehr weiche aufgelöste Schatten erreicht, indirekte Beleuchtung ist praktisch schattenfrei und ist nur in besonders gelegenen Fällen, schon wegen des großen Energieaufwandes, berechtigt. In der überwiegenden Zahl aller Fälle genügt die wirtschaftlichere, halbindirekte Beleuchtung.

Zeitliche Gleichmäßigkeit ist bei elektrischer Beleuchtung bis auf einige wenige Ausnahmen, wie bei reinem Metalldampflicht, wo das Flimmern störend wirken kann, immer vorhanden, doch ist in diesem Fall durch die Beimischung von Glühlampenlicht einfache Abhilfe möglich. Wechselstrom ist mit 16⅔ Hz für Beleuchtungszwecke ungeeignet.

c) Blendungsfreiheit. — Außer auf ausreichende Beleuchtungsstärke und genügende Gleichmäßigkeit muß bei der Planung einer Beleuchtungsanlage der größte Wert darauf gelegt werden, daß Blendungserscheinungen jeglicher Art vermieden werden. Blendung ist der schwerwiegendste Mangel einer Beleuchtung, der neben Leistungsminderung infolge schlechter Sehverhältnisse und vorzeitiger Ermüdung schwere Gesundheitsschädigungen, wie Augenerkrankungen und Nervosität, zur Folge haben kann.

Die nackten Glühlampen sind deshalb völlig ungeeignet, weil ihre Leuchtdichte, auch bei innenmattierten Glühlampen, zu groß ist. Sie müssen aus diesem Grunde stets durch tiefgezogene Reflektoren gegen das Auge völlig abgeschirmt werden oder in stark lichtstreuende Gläser eingeschlossen sein, die ihre Leuchtdichte so weit herabsetzen, daß das Auge nicht mehr belästigt wird.

Bei Schirmleuchten muß die Abschirmung bis zu einer Blickrichtung von 30 ° wirksam sein (Abb. 7). Desgleichen dürfen bei Allgemeinbeleuchtung durch Schirmleuchten die Glühlampen bei üblicher Blickrichtung nicht sichtbar sein. Dies wird durch geeignete Leuchten gegebenenfalls mit verstellbarer Fassung erreicht, die die Einstellung des erforderlichen Ausstrahlungswinkels ermöglichen.

Bei Innenleuchten mit gut lichtstreuenden Gläsern wird ausnahmslos Blendungsfreiheit erreicht, wenn der Leuchtfaden der Glühlampe nicht sichtbar ist.

Eine besonders üble Erscheinung ist indirekte Blendung durch Spiegelung. Sie wird infolge Rückstrahlung durch blanke Metalle, polierte Flächen, Glasscheiben oder, wie häufig in Büros, durch glattes Schreibpapier und glänzende Kopierschrift u. a. hervorgerufen. Da die Lichtstrahlen nach dem optischen Grundgesetz, wonach der Einfallswinkel gleich dem Ausfalls- oder Rückstrahlungswin-

Digitized by Google

kel ist, zurückgeworfen werden, ist dem Übel bei bestehenden Beleuchtungsanlagen auf einfache Weise durch veränderte Anordnung der Lichtquelle oder des Arbeitsplatzes zu steuern. Bei der Planung von Neuanlagen muß von vornherein auf den Standort des Arbeitenden Rücksicht genommen werden. Wo dies unmöglich ist, wird mit Einzelplatz, oder indirekter Beleuchtung der gewünschte Erfolg erreicht.

d) Schattigkeit. — Auch wenn alle bisherigen Vorbedingungen berücksichtigt sind, kann eine Beleuchtung unvollkommen, vielleicht sogar völlig unbrauchbar sein, wenn das Licht von der verkehrten Seite einfällt, oder nicht genügend gerichtetes Licht vorhanden ist, also die richtige Schattigkeit fehlt.

Unrichtiger Lichteinfall ist, wie schon erwähnt, die Ursache der Spiegelblendung, anderseits entstehen störende Schatten, wie Hand, Kopf oder Körperschatten oder Schatten durch Werkstücke.

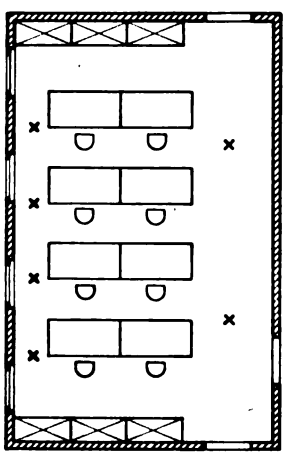


Abb. 8. Zweckmäßige Leuchtenanordnung bei gleichgerichteten Arbeitsplätzen.

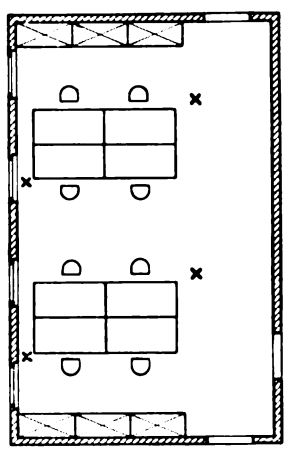


Abb. 9. Richtige Anordnung der Leuchten bei gegenüberliegenden Arbeitsplätzen.

Bei Allgemeinbeleuchtung bringt man, da die Arbeitsplätze durchweg nach den Fenstern angeordnet sind, die Leuchten so an, daß auch das künstliche Licht vorwiegend von der Fensterseite her einfällt. Wo Fenstervorhänge fehlen, wird der Ort der Leuchte möglichst so zu wählen sein, daß der zwischen den Fenstern vorhandene Pfeiler als Reflektor wirkt.

Für Büros mit gleichgerichteter Platzanordnung ist eine zweckmäßige Lichtpunktverteilung in Abb. 8 dargestellt.

Die Leuchten auf der linken Seite werden für vorwiegend direktes Licht gewählt und sind mit Glühlampen zu bestecken, welche für die Beleuchtung allein ausreichen. Ihre Anordnung über der linken Tischecke auf der dem Arbeitsplatz zugekehrten Seite schließt jede Blendung durch Spiegelung sowie störende Schlagschatten mit Sicherheit aus. Die in der zweiten Reihe vorhandenen Leuchten dienen nur zur Aufhellung des hinteren Raumteiles und zur Milderung der Schatten.

Bei der in Büros üblichen Tischanordnung sollte man, um allseitig befriedigende Lichtverhältnisse zu erlangen, die Leuchten so, wie in Abb. 9 dargestellt, verteilen. Die allgemein geübte Aufteilung, in dem eine Leuchte in der Mitte über vier Tische, eine zweite Leuchte in der gleichen Achse neben den Tischen aufgehängt wird, bedeutet zum mindesten auf zwei Arbeitsplätzen schlechte Beleuchtung und ist daher höchst unzweckmäßig.

Indirekte Beleuchtung ist praktisch schattenfrei, die Lage der Arbeitsplätze ist hierbei von untergeordneter Bedeutung. Für Werkstattbeleuchtung ist indirekte Beleuchtung jedoch für die meisten Arbeiten ungeeignet, da fast ausschließlich gerichtetes Licht, also eine gewisse Schattigkeit, zur räumlichen Erkennung von Gegenständen von großer Bedeutung ist. Feinmechaniker, Webereien u. a. brauchen z. B. eine sehr kontrastreiche Beleuchtung.

e) Lichtfarbe. — Nach den Din-Normen soll die Farbe des künstlichen Lichtes möglichst nicht zu sehr von der des Tageslichtes abweichen. Erfahrungsgemäß ist jedoch tageslichtähnliche Beleuchtung in den wenigsten Fällen notwendig. Der Einfluß der Farbe des Tageslichtes auf das Auge und die Sehfähigkeit wird im allgemeinen stark überschätzt. Unsere heutige Glühlampe genügt bezüglich der Lichtfarbe bis auf ganz geringe Ausnahmen durchweg den Anforderungen der Dinormen und somit auch der Praxis.

Oft werden Belästigungen durch Blendungserscheinungen irrtümlich auf die Lichtfarbe zurückgeführt und durch Verwendung von Filtern oder sogenannten Tageslicht-Glühlampen erfolglos zu bekämpfen versucht. Da diese Filter je nach Dichte 40 bis 90 % des Lichtstromes absorbieren, ist der Enderfolg nur eine erheblich geringere Beleuchtungsstärke oder ein vielfach höherer Stromverbrauch.

In besonderen Fällen, z. B. dort, wo es auf die genaue Erkennbarkeit bestimmter Farben ankommt, ist tageslichtähnliche Beleuchtung unentbehrlich. Hier muß man das überschüssige Rot der Glühlampe durch geeignete Blauglasfilter vernichten. Je nach Dichte der Filter kann die Lichtfarbe dem Tageslicht bei entsprechendem Lichtverlust bis auf wenige Prozent angenähert werden.

Eine entsprechende Lösung erzielt man auch dadurch, daß man, wie schon ausgeführt, dem grünlich-blauen Licht der Quecksilberdampflampe eine entsprechende Menge des rötlichen Glühlampenlichtes ungefähr im Lichtstromverhältnis 1 : 1 beimischt. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ist dies Verfahren besonders zu empfehlen, da keinerlei Lichtverlust eintritt.

Eine andere Lösung ist ein Tageslichtgerät, das mit einem mit Kohlensäure unter niedrigem Druck gefüllten Glasrohr bei Anschluß an Wechselstrom ein rein weißes Licht von Tageslichtfarbe erzeugt.

Berechnung von Beleuchtungsanlagen.

Bei der Berechnung von Beleuchtungsanlagen soll man, ohne die Forderung nach ausreichender Gleichmäßigkeit zu vernachlässigen, möglichst große Lampeneinheiten zu verwenden suchen, da wie schon gezeigt (Abb. 3), die Wirtschaftlichkeit bzw. die Lichtausbeute mit ihrer Leistung steigt. Wo eine genügend große nutzbare Raumhöhe zur Verfügung steht, läßt sich dies ohne weiteres durchführen, wenn man die Lichtpunkthöhe hoch genug wählt.

Bei punktförmiger Lichtquelle nimmt die Beleuchtungsstärke mit dem Quadrat der Entfernung ab. Sehr oft wird deshalb die Wahl der Lichtpunkthöhe von der Meinung beeinflußt, daß die Beleuchtungsstärke, entsprechend diesem Gesetz, mit zunehmender Höhe der Aufhängung der Leuchte sehr schnell absinke, und daß man deshalb die Leuchten für Raumbeleuchtung möglichst niedrig aufhängen müsse. Wie schon angedeutet, gilt dieses Gesetz nur für eine punktförmige Lichtquelle und die Beleuchtung einer kleinen, sehr eng begrenzten Fläche. Für die mittlere Horizontalbeleuchtung eines Raumes, auch wenn nur eine Lichtquelle vorhanden ist, kommt dieses Gesetz nicht in Betracht. Die mittlere Beleuchtungsstärke ändert sich nur wenig mit der Lichtpunkthöhe. In Räumen, wo Wände und Decke durch Ausnutzung ihres Rückstrahlungsvermögens, zur Beleuchtung mit herangezogen werden, ist die Lichtpunkthöhe von völlig untergeordneter Bedeutung. Bei Leuchten für direktes Licht, z. B. unten offene Schirmleuchten, empfiehlt sich schon deshalb eine möglichst große Aufhängehöhe, weil die Lichtpunkte dann nicht mehr in die Blickrichtung fallen können, und somit Blendungserscheinungen vermieden werden.

Man kann also die Lichtpunkthöhe, ohne befürchten zu müssen, daß die Lichtausbeute der Lichtquellen dadurch wesentlich beeinflußt werde, nach praktischen und wirtschaftlichen Erwägungen bemessen.

Digitized by Google

Für die Beleuchtung von Innenräumen, soweit es sich um niedrige oder mittlere Räume bis 5 m Lichtpunkthöhe handelt, ist deshalb ausschließlich die mittlere Horizontalbeleuchtung zugrunde zu legen. Diese ist entsprechend den Richtlinien der „Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft" je nach Beleuchtungsart und Art der Arbeit zu wählen.

Beispiele für die verschiedenen Arbeitsarten in einzelnen Industrie- und Handwerksbetrieben:

1. Grobe Arbeit.

Gießerei:
Eisengießen — Gußputzen.
Metallbearbeitung:
Grobwalzen und Ziehen — Schmieden — Schruppen.
Keramische Industrie:
Arbeiten im Ofenraum der Glashütte und Ziegelei.

2. Mittlere Arbeit.

Gießerei:
Spritzguß — einfaches Formen.
Metallbearbeitung:
Arbeiten an der Revolverdrehbank — Pressen — Stanzen — Grobwalzen.
Holzbearbeitung:
Sägen — Hobeln — Fräsen — Zusammenbau.
Papierherstellung und Verarbeitung:
Cellulose- und Holzbereitung — Arbeiten an Papiermaschinen.
Lebensmittelbetriebe:
Bäckerei — Metzgerei — Mühle — Küche.

3. Feine Arbeit.

Gießerei:
Schwieriges Formen.
Metallbearbeitung:
Feinwalzen und Ziehen — Einrichten von Revolverdrehbänken — Feindrehen — Feine Preßarbeit — Feinmontage.
Holzbearbeitung:
Feine Sägearbeiten — Polieren.
Papierherstellung und Verarbeitung:
Zurichten und Fertigmachen.
Gewebeherstellung und -Verarbeitung:
Spinnen, Weben und Bearbeitung von hellem Gut — Färben — Zuschneiden — Nähen.
Druckerei:
Maschinensatz — Drucken.
Büroarbeit:
Maschinenschreiben — Lese- und Schreibarbeiten.

4. Sehr feine Arbeit.

Metallbearbeitung:
Feinmechanische Arbeiten — Montage von Meßinstrumenten.
Glasbearbeitung:
Schleifen und Polieren optischer Gläser.
Gewebeherstellung und -Verarbeitung:
Spinnen, Weben und Bearbeitung von dunklem Gut — Zuschneiden — Nähen.
Druckerei:
Zurichten von Druckmaschinen — Handsatz — Lithographieren — Papierprüfen.

Aus der Grundfläche des Raumes, der mittleren Beleuchtungsstärke und dem Produkt der Wirkungsgrade von Leuchte und Raum läßt sich der erforderliche Gesamtlichtstrom in Lumen errechnen.

Ist der erforderliche Gesamtlichtstrom Φ in Lumen,
die mittlere Beleuchtungsstärke E_m in Lux,
die Grundfläche F in m²,
der Wirkungsgrad der Leuchte η_1,
der Wirkungsgrad des Raumes η_2

so ist

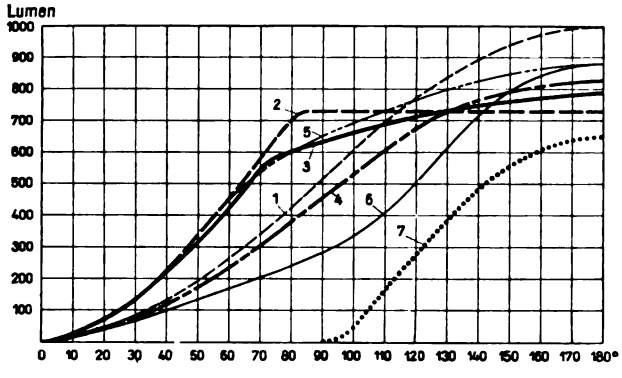
$$\Phi = \frac{E_m F}{\eta_1 \eta_2}.$$

Den Gesamtwirkungsgrad kann man auf Grund von Erfahrungswerten je nach der Raumbeschaffenheit einsetzen:

direkte Beleuchtung durch Schirmleuchten	0,45 bis 0,6
vorwiegend direkte Beleuchtung durch Innenleuchten mit	0,45 bis 0,55
gleichförmige Beleuchtung durch Innenleuchten mit	0,35 bis 0,5
halbindirekte Beleuchtung durch Innenleuchten mit	0,35 bis 0,45
indirekte Beleuchtung durch Innenleuchten mit	0,25 bis 0,35

Für größere, hell und sauber gehaltene Räume kann der höhere, für kleinere und weniger hell gehaltene oder stark verschmutze Räume der kleinere bzw. ein Zwischenwert genommen werden[3]).

Bei der Berechnung des Gesamtlichtstromes und der mittleren Beleuchtungsstärke für höhere Räume und Hallen über 5 m Lichtpunkthöhe kann man auch einen anderen Weg beschreiten, zumal wenn die Anzahl der Lichtpunkte aus irgendwelchen Gründen festgelegt ist. Man legt zuvor auf Grund der gegebenen nutzbaren Höhe des Raumes die Lichtpunkthöhe fest.



1 nackte Glühlampe
2 Schirmleuchte mit tiefem Schirm
3 Schirmleuchte mit opalüberfangenem Glasschirm
4 Kugelleuchten
5 Luzetten für vorwiegend direktes Licht
6 Luzetten für halbindirektes Licht
7 Luzetten für indirektes Licht

Abb. 10. Zonenlichtstrom-Schaubild.

Aus dem von dem Leuchten-Hersteller zu liefernden Zonenlichtstrom-Schaubild (Abb. 10) wird der für die Bodenbeleuchtung nutzbare, d. h. der in einem bestimmten Winkelbereich ausgestrahlte Lichtstrom entnommen.

Für die Feststellung des Ausstrahlungswinkels wird in größeren Räumen nur ein Teil der Bodenfläche zugrunde gelegt. Diese Bodenfläche kann einem Kreise von demselben Flächeninhalt gleichgesetzt werden. Aus dem Radius des Kreises und der Lichtpunkthöhe ergibt sich dann der nutzbare Winkelbereich α, für welchen aus dem Schaubild der nutzbare Lichtstrom zu entnehmen ist. Dieser, geteilt durch die Grundfläche des Raumes, ergibt die Beleuchtungsstärke für eine Lampe von 1000 Lm.

Die Berechnung geht folgenderweise vor sich:

Angenommen sei eine Halle von 70×120 m $= 8400$ m² Grundfläche und 18 m nutzbare Höhe, welche durch Schirmleuchten bei einer mittleren Beleuchtungsstärke von 65 Lx beleuchtet werden soll. Als Lichtpunkthöhe wird 16 m gewählt. Der rechteckigen Grundfläche wird ein flächengleicher Kreis mit $r = 51{,}8$ m gesetzt (Abb. 11).

Dem Verhältnis

$$\frac{\text{Halbmesser des Hilfskreises}}{\text{Lichtpunkthöhe}} = \frac{r}{h} = \frac{51{,}8}{16} = 3{,}24$$

[3]) Ein wichtiges Hilfsmittel für die Berechnung von Beleuchtungsanlagen ist der „Osram-Rechenschieber" und der Zweizungen-Rechenschieber „Elektro-Praktikus" nach Sechase.

Digitized by Google

entspricht ein Winkel von 72° und demzufolge gemäß Abb. 10 ein Nutzlichtstrom von etwa 600 Lm.

Die mittlere Beleuchtungsstärke wäre also bei einem Gesamtlichtstrom der nackten Lampe von 1000 Lm bei nur einer Leuchte

$$E_m = \frac{600}{8400} = 0{,}0714\ \text{Lx}.$$

Im vorstehenden Fall sollen 28 Leuchten aufgehängt werden. Der erforderliche Lichtstrom für eine Lampe ist mithin

$$\Phi = \frac{65\ \text{Lx} \cdot 1000}{28 \cdot 0{,}0714} = 31\,500\ \text{Lm}.$$

Mit Glühlampen von je 1500 W mit einem Lichtstrom von 34 000 Lm würde die Beleuchtungsstärke rd. 70 Lx betragen.

Bei derartig hohen Leistungen wird man die wirtschaftlichere Quecksilberdampflampe gemischt mit Glühlampenlicht verwenden. Als Bestückung wählt man eine Quecksilberdampflampe HgH 2000 mit 22 000 Lm und eine Glühlampe 500 W mit 9500 Lm, insgesamt 31 500 Lm, damit ist die geforderte mittlere Beleuchtungsstärke erreicht.

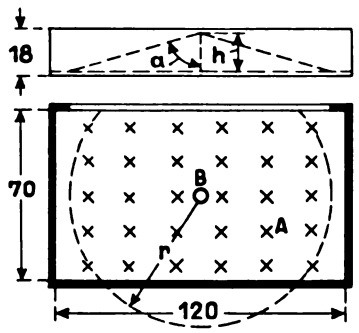


Abb. 11. Beispiel für die Berechnung der Beleuchtung eines Raumes.

Da die Leistungsaufnahme dieser Bestückung nur 975 W gegenüber 1500 W der Glühlampe ist, sind die höheren Anlagekosten für Leuchten mit Drosselspulen wirtschaftlich vertretbar.

Ein Nachprüfung nach dem einfachen Lichtstromverfahren bei einem Ausnutzungsfaktor von 0,6 ergibt, daß diese Rechnung den gleichen Wert ergibt und somit auch für diesen Fall anwendbar ist.

Erforderlicher Gesamtlichtstrom

$$\Phi = \frac{65 \cdot 8400}{0{,}6} = 900\,000\ \text{Lm}$$

mithin bei 28 Lampen

$$= \frac{900\,000}{28} = 32\,000\ \text{Lm je Lampe}$$

oder bei einer gewählten Lampenleistung von 31 500 Lm

$$= \frac{900\,000}{31\,500} = 28\ \text{Lampen}.$$

Besondere Sorgfalt ist bei der Beleuchtung spiegelnd reflektierender Flächen zu befolgen. Hierbei können Spiegelbilder der Lichtquelle entstehen, welche genau so blenden wie die Lichtquelle selbst. Es genügt also nicht, die Lampe durch einen Schirm abzublenden. Befindet sich der spiegelnde Gegenstand stets in derselben Stellung zu dem Arbeiter, so kann nach dem schon genannten optischen Gesetz, Ausfallwinkel gleich Einfallwinkel, die Leuchte entsprechend angeordnet werden.

Kommen jedoch mehrere Leuchten in Betracht, oder verändert sich die Lage dieser Gegenstände fortwährend, müssen unbedingt Leuchten mit stark lichtstreuenden Gläsern verwendet werden.

Unterhaltung der Beleuchtungsanlage.

Grundsätzlich sollte man nach 1000 Betriebsstunden die Glühlampen auswechseln. Wenn auch unsere heutigen Glühlampen eine viel längere Lebensdauer besitzen, so wird doch durch Alterung ihre Lichtausbeute geringer, so daß es wirtschaftlicher ist, sie rechtzeitig auszutauschen.

Viel zu wenig Wert wird auf regelmäßige Reinigung der Lampen, Leuchten und Reflektoren gelegt. Desgleichen sollten Wände und Decken stets sauber gehalten und von Zeit zu Zeit der helle oder weiße Anstrich erneuert werden. Die Lichteinbuße durch verschmutzte Leuchten, Raumdecken und Wände kann ganz erheblich sein. Durch geringe Reinigungskosten können 50 % und mehr an Lichtverlusten verhindert werden.

Bei der Planung schwieriger und umfangreicher Beleuchtungsanlagen soll man stets einen lichttechnisch besonders geschulten und erfahrenen Fachingenieur zu Rate ziehen.

Zusammenfassung.

Bei der Planung einer Beleuchtungsanlage ist in folgender Reihenfolge vorzugehen: Man unterscheidet zuerst, ob reine Allgemeinbeleuchtung oder Einzelarbeitsplatzbeleuchtung den Erfordernissen des Betriebes entspricht, dann welche Beleuchtungsart mit Rücksicht auf die Art der Arbeit am vorteilhaftesten erscheint. Die in DIN 5035 für die einzelnen Arbeiten angegebenen Beleuchtungsstärken und die vorstehenden Ausführungen setzen den Praktiker in den Stand, Beleuchtungsanlagen nach lichttechnischen Gesichtspunkten und wirtschaftlich einwandfrei zu gestalten, damit der deutsche Arbeiter, der anerkannt beste Arbeiter der Welt, für den die besten und zweckmäßigsten Werkzeuge gerade gut genug sind, auch die bestmöglichste Beleuchtung seines Arbeitsplatzes erhält, denn richtige Beleuchtung ist das wichtigste Werkzeug.

Über neue lichtelektrische Zellen mit durchsichtigen Kathoden.

621. 383. 4

Für viele Zwecke wird an Stelle der Sperrschichtzelle nach wie vor die auf dem äußeren lichtelektrischen Effekt beruhende Alkalizelle mit Vorteil verwendet, weil sie der ersteren bezüglich Proportionalität zwischen Lichtintensität und Photostrom, der Möglichkeit der Verwendung bei schnell wechselnder Belichtung und der einfachen Ankoppelung an Verstärkeranlagen überlegen ist. Eine wesentliche Verbesserung dieser Alkalizellen wurde durch Einführung der neuen durchsichtigen Photokathode erzielt[1]), bei welcher emissionsfähige Zentren nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern der Schicht vorhanden sind. Bei diesen neuen Zellen werden Caesium-Legierungen ohne jede metallische Trägerschicht auf die Glaswand aufgebracht und mit Sauerstoff an Stelle von Wasserstoff sensibilisiert. Den höchsten Photoeffekt erhält man mit einer Legierung von Antimon mit Caesium, der Höchstwert desselben liegt bei etwa 450 mμ, während ein Zusatz von Wismut zum Caesium zwar den Höchstwert der Empfindlichkeit nach den längeren Wellenlängen verschiebt, aber in der Intensität gegenüber der Antimon-Caesium-Kathode weit zurückbleibt. Durch den Grad der Sensibilisierung mit O hat man es ferner in der Hand, die Lage des Höchstwertes dieser Zellen in ziemlich weiten Grenzen etwa zwischen 400 und 600 mμ zu verschieben. Außerdem haben die mit O sensibilisierten neuen Wellen, ebenso wie die Cs-Cs_2O-Ag-Kathoden, gegenüber den Kalium-Hydrid-Zellen den Vorteil der größeren Konstanz. Als Anwendungsmöglichkeiten der durchsichtigen Photokathoden sind zu nennen: Meßzwecke, Bildwandler, Fernsehaufnahmerohre sowie Elektronenvervielfacher. *Vge.*

[1]) P. Görlich u. H. Sauer, Z. Instrumentenkde. 56 (1936) S. 423.

Digitized by Google

Beitrag zur Frage des Motorschutzes im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf.

Von Carl Reinarz, Berlin.

621. 316. 573 : 621. 34

Übersicht. Der Sonderfall des aussetzenden Betriebes mit schwerem Anlauf wird näher untersucht. Die Bedingungen für einen einwandfreien Motorschutz werden ermittelt.

In den meisten praktischen Fällen bereitet die richtige Wahl und Einstellung des Wärmeauslösers eines Motorschutzschalters keinerlei Schwierigkeiten. Auch für Antriebe mit schwerem Anlauf gibt es geeignete entsprechend träge Auslöser. Die erforderliche Trägheit für die Überwindung eines hohen und lange dauernden Anlaufstromes wird durch mittelbare oder transformatorische Heizung des Wärmeauslösers erzielt, wenn die natürliche Trägheit nicht ausreicht. Auch die Bedingungen für den aussetzenden Betrieb mit normalen Anläufverhältnissen sind bekannt bzw. in letzter Zeit eingehend im Schrifttum[1]) behandelt worden.

Schwierigkeiten bereitet jedoch der Sonderfall des aussetzenden Betriebes mit schwerem Anlauf. In Betracht kommen hier Antriebe wie Förderbänder mit großen zu bewegenden Massen und häufigen Anläufen, Werkzeugmaschinen mit großen Schwungmassen, Zentrifugen u. a. m. Zur Beherrschung dieser schwersten Fälle genügt es nicht, den Wärmeauslöser für die Anlaufzeit zu überbrücken oder auch transformatorisch über Sättigungswandler zu heizen. Beide Wege setzen den Wert des Motorschutzes erheblich herab; denn in den Fällen, die hier behandelt werden sollen, beeinflußt der hohe Anlaufstrom des Motors nicht nur den Temperaturanstieg im Wärmeauslöser und in der Motorwicklung, sondern — was vielfach zu wenig beachtet wird — vor allem auch die Endtemperatur. Die Endtemperatur entspricht dem quadratischen Mittelwert des Stromes über eine längere Zeit. Ein einfaches Beispiel möge den Einfluß des Anlaufstromes erläutern.

Für den Antrieb einer Flaschenmaschine liegen folgende Zahlen vor:

Zahl der Spiele je Stunde	etwa 20
Dauer des Anlaufes	etwa 20 s
Höhe des Anlaufstromes im Mittel während dieser Zeit	3,5fache des Nennstroms ($3{,}5 \cdot I_n$)
Zeit des Stillsetzens	etwa 20 s

Der quadratische Mittelwert des Stromes (I_m) ergibt sich demnach wie folgt:

$$I_m = \sqrt{\frac{3{,}5^2 \cdot 20 + 1^2 \cdot 140}{180}} \cdot I_n = 1{,}46 \cdot I_n.$$

Obwohl demnach der Anlaufstrom nur ein Neuntel der gesamten Spielzeit von 180 s bestehen bleibt und der Motor 20 s ganz stromlos ist, liegt der quadratische Mittelwert des Stromes etwa 46 % über dem „Nennstrom" I_n.

Aus diesem Beispiel ergeben sich bereits einige für derartige Antriebe kennzeichnende Folgerungen, und zwar:

1. Der für diesen Antrieb richtig ausgelegte Motor muß thermisch den ermittelten quadratischen Mittelwert der Stromes $I_m = 1{,}46 \cdot I_n$ ohne unzulässige Erwärmung vertragen.
2. Der Wärmeauslöser des Motorschutzschalters kann demnach auch auf den gleichen Wert, d. h. 46 % über „Nennstrom", eingestellt werden.
3. Eine Überbrückung des Wärmeauslösers[2]) während des Anlaufes würde das „Abbild des Wärmevorganges" im Auslöser gründlich fälschen; denn von der gesamten durchschnittlich je Zeiteinheit in der Motorwicklung erzeugten Wärmemenge wird nur der kleinere Teil vom Wärmeauslöser erfaßt. Die Wärmemengen verhalten sich wie $(3{,}5^2 \cdot 20 : 1^2 \cdot 140)$ bzw. (245 : 140), d. h. von insgesamt 385 Anteilen werden nur 140 erfaßt.
4. Auch die Herabsetzung des Stromes, der den Wärmeauslöser durchfließt, mittels eines gesättigten und stark streuenden Stromwandlers hält wesentliche für die Dauererwärmung maßgebende Teile des ganzen Vorganges vom Wärmeauslöser fern.

Für ein bestimmtes genau festliegendes Spiel kann der transformatorisch geheizte Auslöser zwar richtig eingestellt werden. Bei Dauerüberlastung, z. B. durch plötzliches völliges Festbremsen des Motors, gewährt dieser Auslöser auch einwandfreien Schutz. Wird jedoch die Anzahl der Spiele aus irgendeinem Grunde vorübergehend oder auch für längere Zeit vergrößert, so kann der Motor eine Dauererwärmung über der zulässigen erreichen, ohne daß der Motorschutzschalter anspricht. Zum Nachweis des Gesagten werde das oben angeführte Beispiel weiter verfolgt. Angenommen der Streuwandler setze den 3,5fachen Anlaufstrom im Wärmeauslöser auf den 2fachen Wert herab, dann ergibt sich für den Wärmeauslöser folgender quadratische Mittelwert des Stromes:

$$I_{m_s} = \sqrt{\frac{2^2 \cdot 20 + 1^2 \cdot 140}{180}} \cdot I_n = 1{,}11 \cdot I_n.$$

Auf diesen Wert müßte der Wärmeauslöser eingestellt werden, um dem angenommenen Spiel zu entsprechen. Die Anzahl der Spiele möge sich nun eine Zeitlang verdoppeln. Die Dauererwärmung des Motors strebt dann einem Wert zu, der einem quadratischen Mittelwert des Stromes entspricht von:

$$I'_m = \sqrt{\frac{3{,}5^2 \cdot 20 + 1^2 \cdot 50}{90}} \cdot I_n = 1{,}81 \cdot I_n.$$

Die Motorwicklung ist ausgelegt für $1{,}46 \cdot I_n$. Die Erwärmung wird daher im Verhältnis $(1{,}81^2 : 1{,}46^2)$ bzw. (1,53 : 1), d. h. 53 % zu hoch.

Im Wärmeauslöser auf der Sekundärseite des Streuwandlers fließt ein Strom, dessen quadratischer Mittelwert

$$I'_{m_s} = \sqrt{\frac{2^2 \cdot 20 + 1^2 \cdot 50}{90}} \cdot I_n = 1{,}21 \cdot I_n$$

beträgt. Bei einer Einstellung des Wärmeauslösers auf

$$I_{m_s} = 1{,}11 \cdot I_n$$

ist der Auslöser demnach durch das häufigere Spiel lediglich im Verhältnis (1,21 : 1,11) bzw. (1,09 : 1) höher belastet. Der Wärmeauslöser spricht nicht an, obwohl der Motor überlastet ist. 9 % Überstrom für den Auslöser liegen unterhalb seiner Grenzstromstärke, die bis zu 20 % Überstrom betragen kann. Eine Dauererwärmung des Motors von 53 % über der höchstzulässigen mag noch nicht als sehr gefährlich erscheinen. Wie das Beispiel zeigt, kann jedoch durch eine noch größere Anzahl der Spiele die Dauererwärmung des Motors noch weit höher getrieben werden, ehe der Wärmeauslöser seine Grenztemperatur erreicht und auslöst.

Liegt demnach im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf die Anzahl der Spiele je Stunde nicht vollkommen fest, so kann mit dem transformatorisch geheizten Wärmeauslöser auch durch entsprechende Einstellung kein einwandfreier Motorschutz erreicht werden. Das Verhältnis von quadratischem Mittelwert des Stromes in der Motorwicklung und im Wärmeauslöser auf der Sekundärseite eines Streuwandlers ändert sich mit der Anzahl der Spiele und macht eine Anpassung des Auslösers an die Motorwicklung unmöglich. — Beide Wege, Überbrückung des Auslösers während des Anlaufes und transformatorische Heizung, führen zu keiner befriedigenden Lösung. Es bleibt daher nichts weiter übrig als die Möglichkeit der Verwendung unmittelbar geheizter Auslöser, deren oft zu

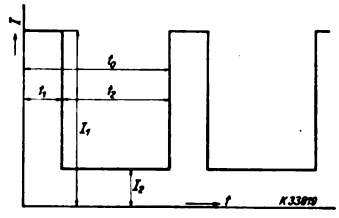
[1]) Vgl. J. Gewecke, Siemens-Z. 14 (1934) S. 317.

[2]) Die Hintereinanderschaltung zweier Relais hat dann einen Sinn, wenn das während des Anlaufes im Stromkreis liegende Relais auf einen Wert eingestellt wird, der etwa nach Abb. 6 dieses Aufsatzes zu ermitteln ist, und das zweite während des Anlaufs überbrückte Relais auf den quadratischen Mittelwert des Stromes.

Digitized by Google

kleine Trägheit zwar zu diesen Notlösungen führte, doch noch einmal einer genaueren Untersuchung zu unterziehen.

Ein großer Teil der Schwierigkeiten ist zweifellos durch eine richtige Einstellung des Auslösers zu beheben; denn in vielen Fällen hat man sich bisher sicher nicht der Mühe unterzogen, den quadratischen Mittelwert des Stromes festzustellen. Der Motor, der vielleicht auch nach reinen Erfahrungswerten ausgewählt war, wurde untersichert, vielleicht allerdings auch in dem einen oder anderen Falle selbst zu schwach gewählt. Das erste für die hier behandelten Fälle ist demnach die Bestimmung des Dauerstromes (quadratischer Mittelwert), den der richtig gewählte Motor thermisch aushält.

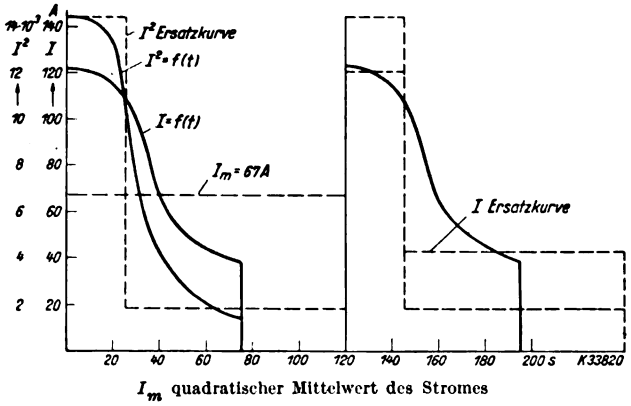


I_1 und I_2 Stromwerte
t_0, t_1 und t_2 Zeitwerte

Abb. 1. Vereinfachte Darstellung des Strom-Zeit-Verlaufs eines Motors im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf.

Weiterhin soll im folgenden aber untersucht werden, welche Zeitkonstante der Wärmeauslöser haben muß, um bei einem bestimmten regelmäßigen Spiel bis zu einer bestimmten Höhe und Dauer des Anlaufstromes und schließlich sogar bei jeder beliebigen Höhe und Dauer des Anlaufstromes mit Sicherheit zu keiner Fehlauslösung zu führen.

Um den Gang der Rechnung zu vereinfachen, ist den folgenden Überlegungen eine Stromzeitlinie nach Abb. 1 zugrundegelegt. In dem praktisch untersuchten Fall einer Hochleistungszentrifuge wurde ein zeitlicher Verlauf des Stromes während einer Spieldauer mit Strommesser und Stoppuhr nach Abb. 2 ermittelt. In die gleiche Abbildung



I_m quadratischer Mittelwert des Stromes

Abb. 2. Strom-Zeit-Verlauf einer Hochleistungszentrifuge mit eingetragener Ersatzrechteckkurve.

sind der quadratische Mittelwert des Stromes und eine zweistufige Ersatzrechteckkurve des Stromes eingetragen. Letztere ist so gewählt, daß die tatsächliche und Ersatz-I^2-Kurve sich in ihrem Verlauf möglichst anpassen.

Bei Erreichung des Dauerzustandes pendelt die Temperatur des Wärmeauslösers zwischen den beiden Werten d_1 und d_2 gemäß Abb. 3 hin und her. In der Berechnung wird angenommen, daß die Temperaturkurve zwischen den beiden Werten d_1 und d_2 nach e-Funktionen verläuft. Mit den Bezeichnungen der Abb. 1 strebt der Wärmeauslöser unter dauernder Wirkung des Stromes I_1 einem Endwert $d\,e_1$ zu, für den gilt:

$$d\,e_1 = c\,I_1^2 \tag{1}$$

und unter dauernder Wirkung des Stromes I_2 einem Endwert $d\,e_2$, für den man findet:

$$d\,e_2 = c\,I_2^2, \tag{2}$$

wobei c eine Konstante des Wärmeauslösers ist. Es gelten dann die Beziehungen

$$\frac{d\,e_1 - d_1}{d\,e_1 - d_2} = e^{-\frac{t_1}{T}} \tag{3}$$

$$\frac{d\,e_2 - d_2}{d\,e_2 - d_1} = e^{-\frac{t_2}{T}}, \tag{4}$$

wobei e die Basis der natürlichen Logarithmen ist. Die beiden Temperaturpunkte d_1 und d_2 und ihr Unterschied hängen demnach von der Höhe der Stromwerte I_1 und I_2 und der Länge der Zeiten t_1 und t_2 ab. Weiterhin ist maßgebend die Zeitkonstante T. Je größer T, um so näher werden d_1 und d_2 beieinander liegen.

Für die Motorwicklung liegen d_1 und d_2 näher zusammen als für den Wärmeauslöser, weil die Zeit„konstante" der Motorwicklung größer ist als die des Wärmeauslösers. Definiert man die Zeitkonstante als diejenige Zeit, in der die Endtemperatur erreicht würde, wenn die Temperatur mit ihrem zu Beginn der Erwärmung vorhandenen Anstieg proportional mit der Zeit (d. h. also ohne Wärmeabfuhr) weitersteigen würde, so läßt sich die Zeitkonstante eines Motors in folgender Weise bestimmen: Bei einer spez. Wärme des Kupfers von 3,6 W/cm³ und

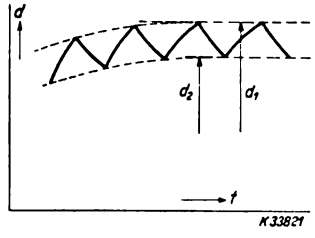


Abb. 3. Temperaturverlauf im Wärmeauslöser bei aussetzendem Betrieb und nach Erreichung des Dauerzustandes. d_1 ist der höchste, d_2 der niedrigste Wert der Temperatur.

einer Stromdichte von 2,5 A/mm² steigt die Temperatur des Kupfers je Sekunde um etwa 0,03 °. Nimmt man eine zulässige Grenzerwärmung von etwa 60 ° an, so ergibt sich eine Zeitkonstante von $T_m = \frac{60}{0{,}03} = 2000\ \text{s} = 33{,}3$ min. Mit dieser Zeitkonstanten verläuft der Temperaturanstieg in der Wicklung eines Motors, der mit den angegebenen Werten für Stromdichte bei Nennlast und zulässige Erwärmung ausgelegt ist, bei leichtem Anlauf, d. h. sehr schnell abklingendem Anlaufstrom und sofort einsetzender gleichmäßiger Belastung mit Nennlast. Unter anderen Betriebsbedingungen verläuft der Temperaturanstieg und gegebenenfalls -abfall mit einer anderen Zeitkonstanten. Bei Motoren mit eingebauten Lüftern hängt die Größe der Zeitkonstanten auch maßgeblich von der Drehzahl ab. Im aussetzenden Betrieb mit schwerem Anlauf arbeitet der Motor mit einer mittleren Drehzahl, die nur einen Bruchteil der Nenndrehzahl beträgt. Die Wärmeabgabe der Motorwicklung ist entsprechend geringer, die Zeitkonstante daher noch größer als der oben errechnete Wert von 33,3 min. Demgegenüber stehen Zeitkonstanten der Wärmeauslöser handelsüblicher Motorschutzschalter in der Größenordnung von 1 bis 3 min.

Infolge der Verschiedenheit der Zeitkonstante von Motorwicklung und Wärmeauslöser kommt es darauf an, eine Beziehung zu finden zwischen dem prozentualen Unterschied des höchsten und tiefsten Temperaturpunktes d_1 und d_2 des Wärmeauslösers und den Größen I_1, I_2, t_1, t_2 und T, von denen d_1 und d_2 abhängen. Nach einigen Umformungen ergibt sich aus den Gl. (3) und (4)

$$y = \frac{1 + \frac{m}{1 - e^{-u}}}{1 - \frac{m\,e^{-v}}{1 - e^{-v}}}. \tag{5}$$

Hierin ist:

$$y = \frac{I_1^2}{I_2^2}, \quad m = \frac{d_1 - d_2}{d_2}, \quad u = \frac{t_1}{T} \text{ und } v = \frac{t_2}{T}.$$

Digitized by Google

Gl. (5) nach m aufgelöst ergibt:

$$m = \frac{y-1}{\frac{1}{1-e^{-u}} + \frac{y\,e^{-v}}{1-e^{-v}}}. \qquad (6)$$

Die praktisch höchstzulässige Temperaturschwankung

$$m = \frac{d_1 - d_2}{d_2}$$

kann durch folgende Überlegung ermittelt werden.

Mit Rücksicht auf die größere Höhe der Temperaturschwankungen im Wärmeauslöser werde dieser zunächst auf den 1,1fachen Wert des quadratischen Mittelwertes

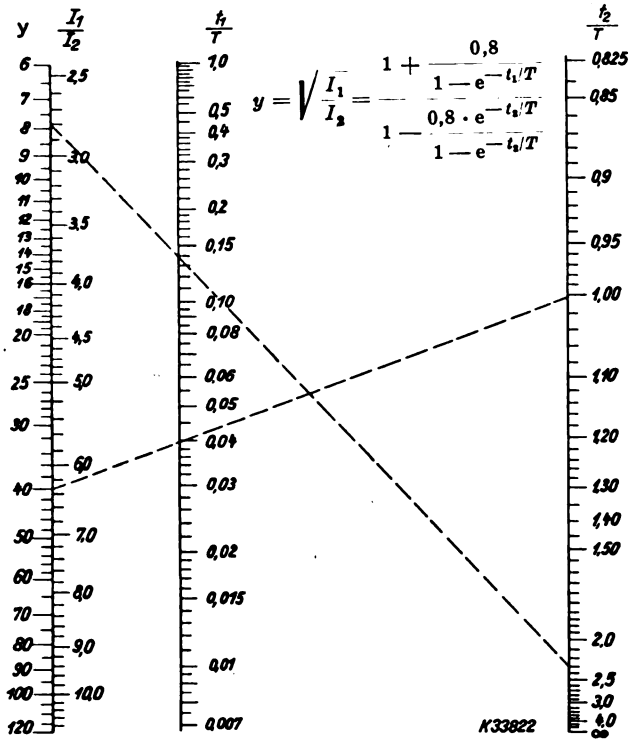


Abb. 4. Nomogramm zur Auswertung der Gl. (5).

des Stromes eingestellt. Unter dieser Voraussetzung werde die höchstzulässige Temperaturschwankung des Auslösers gesucht, bei der eine Fehlauslösung infolge der natürlichen Streuung des Grenzstromes ausgeschlossen erscheint. Nach den Richtlinien für Motorschutzschalter (VDE 423 D, 4.) soll der Auslöser bei Belastung mit $1{,}05 \cdot I_n$ innerhalb 2 h nicht auslösen und bei Belastung mit $1{,}2 \cdot I_n$ spätestens innerhalb dieser Zeit. Hierdurch ist die zulässige Streuung des Grenzstromes des Auslösers festgelegt. Unterhalb $1{,}05 \cdot I_n$ darf der Auslöser praktisch nicht ansprechen. Die Auslösetemperatur liegt demnach mindestens

$$[(1{,}10 \cdot 1{,}05)^2 - 1] \cdot 100 = 33{,}4\ \%$$

oberhalb derjenigen, die dem quadratischen Mittelwert des Stromes entspricht, und hiermit ergibt sich für die höchstzulässige Temperaturschwankung der Wert

$$m = \frac{(1{,}1 \cdot 1{,}05)^2 - (2 - 1{,}1 \cdot 1{,}05)^2}{(2 - 1{,}1 \cdot 1{,}05)^2} = 0{,}87.$$

Das Nomogramm der Abb. 4 stellt die Gl. (5) dar mit einem Wert $m = 0{,}8$. Auf der linken Leiter ist aufgetragen y bzw. $\sqrt{y} = \frac{I_1}{I_2}$, auf der mittleren Leiter $u = \frac{t_1}{T}$ und auf der rechten $v = \frac{t_2}{T}$. Bei gegebener Zeitkonstante des Auslösers und gegebenen Zeiten t_1 und t_2 kann aus dem Nomogramm der höchstzulässige Wert von y bzw. $\frac{I_1}{I_2}$ entnommen werden. Ist y bzw. $\frac{I_1}{I_2}$ und $\frac{t_1}{T}$ bzw. $\frac{t_2}{T}$ gegeben, so kann $\frac{t_2}{T}$ bzw. $\frac{t_1}{T}$ ermittelt werden. Im Beispiel der Abb. 2 wurde der Motor mit einem Wärmeauslöser mit der Zeitkonstante $T = 180$ s geschützt. Mit der Zeit $t_1 = 25$ s wird demnach

$$\frac{t_1}{T} = \frac{25}{180} = 0{,}139.$$

Mit dem Wert

$$y = \frac{I_1^2}{I_2^2} = \frac{12^2}{4{,}3^2} = 7{,}85$$

ergibt sich aus dem Nomogramm

$$\frac{t_2}{T} = 2{,}32, \quad t_2 = 180 \cdot 2{,}32 = 418\ \text{s},$$

d. h. unter sonst gleichen Bedingungen dürfte die Zeit t_2 418 s betragen gegenüber der wirklichen Zeit von nur 95 s. Hierbei muß man sich selbstverständlich darüber klar sein, daß die Verhältnisse für den Wärmeauslöser um so ungünstiger sind, nicht nur je größer y und t_1, sondern auch je größer t_2 ist.

Im vorliegenden Fall stellt sich demnach das vielleicht zunächst überraschende Ergebnis heraus, daß bei einer nur 10 % über dem quadratischen Mittelwert des Stromes liegenden Einstellung des Wärmeauslösers der Betrieb einer Hochleistungszentrifuge mit 30 Chargen je Stunde durchaus möglich ist, ohne daß ein Ansprechen des Auslösers durch den lange dauernden Anlaufstrom befürchtet werden muß.

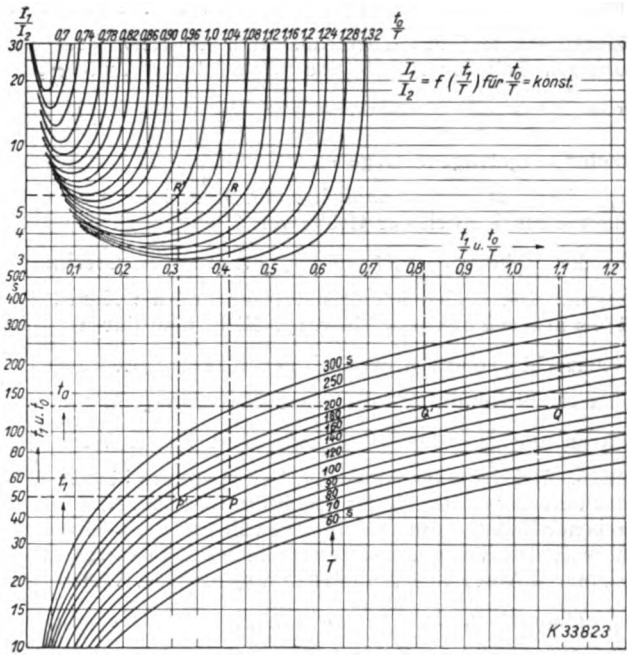


Abb. 5. Kurventafel zur Ermittlung der Zeitkonstante T in Abhängigkeit von $\frac{I_1}{I_2}$, t_0 und t_1 für $m = 0{,}87$ ($x = 10\%$).

Einen weiteren beachtenswerten Aufschluß über die physikalischen Zusammenhänge gibt die Auswertung der Gl. (5) gemäß Abb. 5. Im oberen Teil dieses Schaubildes ist eine Kurvenschar $\frac{I_1}{I_2} = f\left(\frac{t_1}{T}\right)$ bei konstanter Zeit $t_0 = t_1 + t_2$ bzw. bei konstantem Wert $\frac{t_0}{T}$ aufgetragen. Diese Darstellung läßt erkennen, daß es bei konstanter Zeit t_0 eines Spieles einen ungünstigsten Wert für die Zeit t_1 gibt, einen Wert, für den $\frac{I_1}{I_2}$ nur einen kleinsten Betrag erreichen darf. Wird dieser ungünstigste Wert von t_1

Digitized by Google

überschritten, so steigt der zulässige Wert von $\frac{I_1}{I_2}$ wieder an, um schließlich beim Zweifachen des ungünstigsten t_1-Betrages beliebig groß zu werden. Das letztere ist der Fall, wenn der Nenner der Gl. (5) Null wird. Setzt man

$$\frac{t_1}{T} = \frac{t_0}{T} - \frac{t_2}{T}, \quad (1+m) = A \text{ und } e^{t_0/T} = B$$

in die Gleichung

$$\frac{1 - m\, e^{t_1/T}}{1 - e^{t_1/T}} = 0,$$

ein, so wird

$$\frac{t_1}{T} = \ln \frac{1}{A\,B}. \tag{6}$$

Differenziert man die Gl. (5) nach t_1, so ergibt sich ein Ausdruck, der den Faktor enthält:

$$\left(e^{-t_1/T} - A\,B\,e^{t_1/T}\right).$$

Dieser Faktor wird gleich Null, d. h. $\frac{I_1}{I_2}$ ein Minimum für

$$\frac{t_1}{T} = \frac{\ln \frac{1}{A\,B}}{2}. \tag{7}$$

Die Kurven $\frac{I_1}{I_2} = f\left(\frac{t_1}{T}\right)$ haben demnach parabelähnlichen Verlauf und erreichen für einen Wert von $\frac{t_1}{T}$ gemäß Gl. (7) ihr Minimum.

Aus den Kurvenscharen der Abb. 5 kann bei gegebenen Werten von t_1, t_0 und $\frac{I_1}{I_2}$ die erforderliche Größe der Zeitkonstante T des Wärmeauslösers ermittelt werden. Im unteren Teil der Abb. 5 sind t_1 und t_0 in Abhängigkeit von $\frac{t_1}{T}$ bzw. $\frac{t_2}{T}$ für verschiedene Werte von T als Parameter aufgetragen. Gegeben sei z. B. $\frac{I_1}{I_2} = 6$, $t_0 = 130$ und $t_1 = 50$ s. Man geht zunächst von einer bestimmten Annahme hinsichtlich der Größe von T aus, z. B. $T = 160$ s. In der Höhe von $\frac{I_1}{I_2}$, t_0 und t_1 werden Waagerechte gezogen. Die beiden letzteren treffen auf die Kurve $T = 160$ s in den Punkten P' bzw. Q'. Zieht man durch P' eine Senkrechte, so erhält man mit der Waagerechten durch $\frac{I_1}{I_2}$ den Schnittpunkt R' auf einer Kurve liegend mit dem Parameter $\frac{t_0}{T} = 1{,}005$. Q' entspricht einem Wert $\frac{t_0}{T} = 0{,}815$. Bei der angenommenen Zeitkonstante könnte demnach die Gesamtzeit t_0 des Spieles größer sein bzw. bei gegebener Zeit t_0 kann T kleiner gewählt werden. Man wiederholt den Vorgang mit einem anderen in diesem Falle kleineren Wert von T, bis R und Q gleichen Werten von $\frac{t_0}{T}$ entsprechen. In dem gewählten Beispiel trifft dies für $T = 120$ s zu.

In Abb. 6 sind im oberen Teil Kurvenscharen aufgetragen, die die Funktion $\frac{I_1}{I_2} = f\left(\frac{t_0}{T}\right)$ für das jeweilige Minimum von $\frac{I_1}{I_2} = f\left(\frac{t_1}{T}\right)$ darstellen. Als Parameter dient m bzw. ein bestimmter Prozentsatz x der Einstellung des Wärmeauslösers über dem quadratischen Mittelwert des Stromes. Verzichtet man auf eine genaue Ermittlung des kleinsten zulässigen Wertes von T, so kann die Abb. 6 zur Ermittlung von T dienen, wobei dies stets etwas größer ausfällt als erforderlich. Der Bestimmung von T liegt dann die Bedingung zugrunde, daß bei gegebener Gesamtzeit t_0 die Zeit t_1 beliebige Werte von 0 bis t_0 annehmen darf, da der wirkliche Wert von $\frac{I_1}{I_2}$ stets unterhalb der Kurve $\frac{I_1}{I_2} = f\left(\frac{t_1}{T}\right)$, allenfalls auf ihr Minimum zu liegen kommt. Zur Bestimmung von T aus der Abb. 6 zieht man durch die gegebenen Werte von t_0 und $\frac{I_1}{I_2}$ Waagerechte. Die letztere schneidet die Kurve des gegebenen Prozentsatzes x im Punkte M. Die Senkrechte im Punkte M schneidet die Waagerechte durch t_0 im Punkte N. N liegt auf der Kurve der gesuchten Zeitkonstante. Mit $\frac{I_1}{I_2} = 6$, $t_0 = 130$ und $x = 10$ ergibt das in der Abb. 6 dargestellte Beispiel $T = 145$ s. Die gewählten Beispiele zeigen, daß, abgesehen von sehr kleinen und sehr großen Zeiten t_1, T nach Abb. 6 mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden kann.

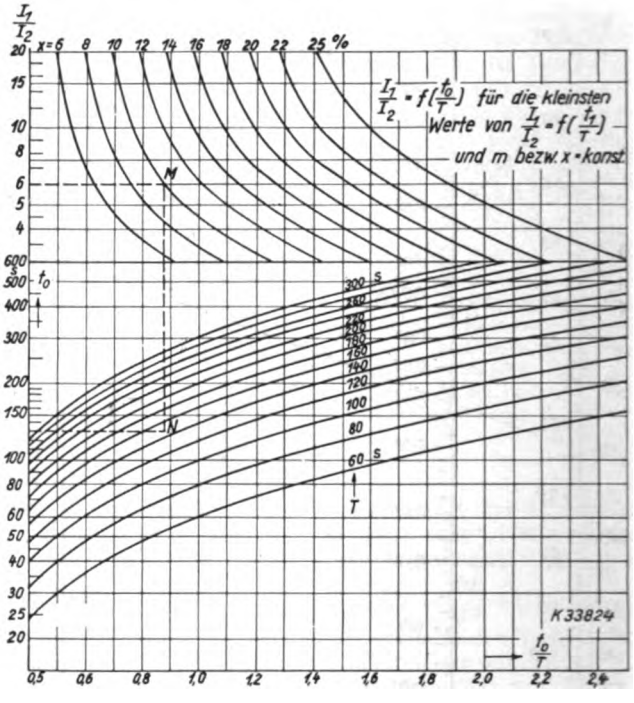


Abb. 6. Kurventafel zur Ermittlung der Zeitkonstante T bei gegebenem Verhältnis von I_1 zu I_2 und gegebener Gesamtzeit t_0 eines Spieles für verschieden hohe Einstellung des Wärmeauslösers ($x = 6 \cdots 25$ %) bzw. zur Ermittlung der erforderlichen Einstellung des Wärmeauslösers bei gegebenen Werten von t_0, T, I_1 und I_2.

Bei sehr großen Werten von t_1 und (gleichzeitig) t_0 kommt man mit einer 10prozentigen Erhöhung der Einstellung des Wärmeauslösers über dem quadratischen Mittelwert des Stromes nicht mehr aus. Abb. 6 bietet die Möglichkeit, auch bei höherer Einstellung des Wärmeauslösers die erforderliche Größe der Zeitkonstante zu ermitteln. Bei gegebener Zeitkonstante kann auch umgekehrt die notwendige Einstellung des Wärmeauslösers gefunden werden. Da die Zeitkonstanten der fabrikationsmäßig hergestellten Wärmeauslöser festliegen, ohne daß hier eine große Auswahlmöglichkeit besteht, wird man in den schwierigsten Fällen an Hand der Kurven der Abb. 6 stets die erforderliche Einstellung des Wärmeauslösers ermitteln.

Zusammenfassung.

Die angestellten Überlegungen zeigen, daß der Motorschutz für schweren Anlauf im aussetzenden Betrieb in anderer Weise ausgelegt werden muß als für einmaligen schweren Anlauf mit nachfolgender langer gleichmäßiger Belastung. Überbrückung des Auslösers während der Anlaufzeit oder Schutz des Motors durch Wärmeauslöser, die über Sättigungswandler angeschlossen sind, kann für den schweren Aussetzbetrieb nicht empfohlen werden. Zur Wahl eines Wärmeauslösers mit ausreichender Zeitkon-

Digitized by Google

stante und zur richtigen Einstellung desselben muß der Stromzeitverlauf des gesamten Spieles bekannt sein. Der hieraus ermittelte quadratische Mittelwert des Stromes ist sowohl für die Auslegung der Motorwicklung als auch die Einstellung des unmittelbar geheizten Wärmeauslösers maßgebend. Aus den Gleichungen und Tafeln des Aufsatzes kann die erforderliche Größe der Zeitkonstante des Wärmeauslösers errechnet bzw. abgelesen werden. In besonders schwierigen Fällen muß der Wärmeauslöser auf einen höheren Strom als das quadratische Mittel eingestellt werden. Die erforderliche prozentuale Erhöhung der Einstellung kann ebenfalls für gegebenen Wert der Zeitkonstante des Wärmeauslösers und bekanntes Spiel aus einer Tafel abgelesen werden.

---

12. Physiker- und Mathematikertag, Bad Salzbrunn, 13. bis 19. Sept. 1936.

53 (062)

In dem landschaftlich schön gelegenen schlesischen Bad Salzbrunn trafen über 600 Teilnehmer zu einer überaus anregenden Tagung zusammen. Als Hauptthemen waren Geometrische Elektronenoptik und Akustik gewählt worden. Die behandelten Aufgaben, aber auch die Zuordnung der einzelnen Teilnehmer zeigte, daß bei der Physik nicht mehr von einer Zurückgezogenheit auf Deutschlands Hohe Schulen gesprochen werden kann, sondern daß sie in weitem Umfange an staatlichen und industriellen Stellen angesetzt wird und somit auch lebhaft am Aufbau Deutschlands teilnimmt. In der Begrüßungsansprache führte der Vorsitzende der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Geheimrat Professor Dr. J. Zenneck, München, unter anderem auch diesen Gedanken weiter aus, indem er darauf hinwies, daß Mathematik und Physik, Experimentalphysik und theoretische Physik, Theorie und Praxis stets zusammengehörten, daß man ohne Schaden nicht ein Teilgebiet vernachlässigen könnte. Die Physik von heute sei die Technik von morgen, und jede Unterstützung der Forschung bedeute eine Erhöhung unserer Macht, nicht nur der Landesverteidigung sondern auch der Wirtschaft. Die hierzu benötigten, verhältnismäßig geringen Mittel seien sicher gut angelegt, auch wenn es sich dabei nicht nur um Forschungen für die unmittelbare Zweckmäßigkeit, sondern allein für die Naturerkenntnis handelt.

Von den fast 90 Vorträgen physikalischen Inhaltes waren eine große Zahl zusammenfassende Berichte. Die anschließenden Fachvorträge mußten meist in Parallelsitzungen an den Nachmittagen stattfinden. Eine günstigere Lage der Vortragsräume zueinander und die Verwendung einer gegenseitigen Fernmeldung würde den Hörern einen wechselseitigen Besuch erleichtert haben. Im folgenden soll nur über Vorträge berichtet werden, die zu der Elektrotechnik schon jetzt in näherer Verbindung stehen, auch wenn sie, wie die zusammenfassenden Berichte über Astrophysik des ersten Tages, über den Bau des Weltalls, die Natur und Verteilung der dunklen Materie im Weltraum und die Sternatmosphären ein eindrucksvolles Bild der Leistung der heutigen Astronomie vermitteln oder wenn sie — wie W. Kossel, Danzig-Langfuhr, in einem geschichtlichen Überblick über Otto v. Guerickes Leben und Wirken — den unzerstörbaren Lebenswillen und den Drang nach Naturerkenntnis herausheben.

Eine große Zahl von Vorträgen zur Physik des Lichtes zeigte das Erreichte und den Stand der Forschung auf.

K. Mey, Berlin: Neuere Lichtquellen. Außer den bisher gebräuchlichen Metallfadenlampen sind die Gasentladungslampen über die Werbebeleuchtung, wie Neon- und Quecksilberröhren, dadurch verbessert worden, daß man bei dem Bestreben, das künstliche Licht in der spektralen Verteilung dem Tageslicht möglichst anzugleichen und die Lichtausbeute auf 50 bis 70 lm/W zu steigern, zu Hochdruckentladungen bis zu 20, 30 und 100 at Innendruck überging. Ein noch gleichmäßigeres Spektrum erhält man, wenn man durch das starke Ultraviolett im Lichtbogen fluoreszierende Stoffe auf der Innenseite des Glases zum Leuchten anregt. Derartige Lampen lassen sich bereits für die allgemein benutzten Lampenfassungen herstellen und damit auch beliebig verwenden. Mit großem Beifall wurden die Vorführungen der Lampen aufgenommen und die experimentellen Versuche durch chemische Reaktionen zwischen Flüssigkeiten, die der Benzolreihe angehören, verschiedenfarbiges Leuchten hervorzurufen. Leider verbrauchen sich die Stoffe durch die Oxydationsvorgänge schnell. Dies Verfahren wird erst dann Bedeutung haben, wenn man z. B. durch Elektrolyse den Vorgang verlängern oder von neuem ablaufen lassen kann. — Im einzelnen wurden diese Ausführungen durch weitere Vorträge ergänzt, die sich z. B. mit der spektralen Energieverteilung, mit der Anregung der Phosphore, einem neuen Strahlungsnormal (Hg-Dampf-Höchstdruckentladung) u. ähnl. befaßten.

Das I. Hauptthema: Geometrische Elektronenoptik galt einem verhältnismäßig jungen Gebiet, das aber in wenigen Jahren die Elektronenstrahl-Meßgeräte wesentlich verbessert, Elektronenmikroskop und Betrachtung von Emissionszentren an Kathoden erst ermöglicht und in der Technik des Fernsehens und Lichtfrequenzwandlers große Fortschritte in Richtung auf praktische Anwendung brachte[1]).

In der Einführung von H. Busch, Darmstadt, erhielt man in klarer Weise eine Lehre von der Strahlvereinigung und Abbildung. Damit eine echte Konzentrierung erreicht wird, müssen die Kräfte proportional dem Abstand wachsen. Die elektrische Doppelschicht als brechende Fläche ist kaum zu verwirklichen. Die Lösung ist sehr einfach, da jedes magnetische und elektrostatische Feld, sofern es nur Rotationssymmetrie besitzt, die erforderliche Abbildungseigenschaft besitzt. In dem anschließenden zusammenfassenden Bericht von **E. Brüche**, Berlin: Übersicht über die experimentelle Elektronenoptik und ihre Anwendung, wurden die einzelnen Ausführungen der Elektronenlinsen, ihre Zusammenfassung zu elektronenoptischen Geräten und nach einem Ausblick auf die Emissionsforschung die Entwicklung der angewandten Elektronenoptik dargelegt, bei der man zunächst die Analogien zwischen licht- und elektronenoptischen Geräten auszubeuten versuchte, während man jetzt mehr die Unterschiede beider Optiken herausarbeitet, um damit neuartige Geräte, wie Bildwandler, Sekundärvervielfacher usw. zu schaffen.

In dem Bericht: Aufgaben der theoretischen Elektronenoptik zeigte **O. Scherzer**, Darmstadt, wie man theoretisch zu verbesserten Geräten gelangt. Als Beispiel wurde die Berechnung der sphärisch bestkorrigierten schwachen elektrischen Einzellinse behandelt.

Der folgende Bericht von **E. Ruska**, Berlin: Elektronenmikroskop und Ultramikroskop zeigte die wesentlichsten in die Augen springenden

[1]) Dies wurde in sehr ansprechender Weise den Teilnehmern vorgeführt. Seitens des Reichspost-Zentralamtes war ein Fernsehwagen nach dem Zwischenfilmverfahren zur Verfügung gestellt. Hiermit wurden Bild und Sprache jedes Teilnehmers aufgenommen, und nach 3 min konnte sich jeder selbst im Fernsehgerät sehen und hören.

Digitized by Google

Vorzüge der Elektronenoptik vor der des Lichtes, nämlich die um 4 bis 5 Größenordnungen kleinere Wellenlänge. Diese Erscheinung wird bei Selbststrahlern und bei dem eigentlichen Elektronenmikroskop für Fremdstrahlung, Rückstrahlung und Durchstrahlung ausgenutzt. Man hat trotz der zwei- bis dreimal kleineren Apertur doch noch ein erhöhtes Auflösungsvermögen. An Hand sehr schöner Bilder trat die bereits erreichte Überlegenheit über das Lichtmikroskop hervor. Das Auflösungsvermögen ist von etwa 1 µ auf 0,1 µ gesteigert worden. — Über ein weiteres neues Gerät: den elektronenoptischen Lichtwandler berichtete **W. Schaffernicht**, Berlin. Man erhält hier die Elektronen durch Auslösung aus einer lichtelektrischen Kathode. Durch Sekundärelektronen läßt sich die Energie erheblich steigern. Vor allem lassen sich ultrarote und ultraviolette Lichtwellen in sichtbare des Leuchtschirmes umwandeln. Hierbei ist jeder Punkt der Kathode auch als Punkt auf dem Schirm abzubilden, wozu besondere elektronenoptische Maßnahmen erforderlich sind.

Eine Ausstellung über Elektronenoptik gab einen sehr schönen Überblick über die Entwicklung von der Braunschen Röhre bis zu großen mit dem Bildwandler elektronenoptisch gewonnenen Bildern von Braun und Otto von Guericke. Ferner führten eine Anzahl von Firmen die von ihnen entwickelten Elektronenstrahlröhren für physikalische Beobachtung und Fernsehen vor. Ein neuzeitlicher transportabler Hochspannungs-Kathodenstrahl-Oszillograph nach Rogowski zeigte die großen Fortschritte für die Meßtechnik.

Weitere zusammenfassende Berichte behandelten die Elektronenoptik der Braunschen Röhre (**W. Grösser**, Aachen) und in der Fernsehtechnik (**M. Knoll**, Berlin). Hier sind in letzter Zeit besonders die Bildabtaströhren weitergekommen, bei denen jede mechanische Zerlegung des Bildes fortfällt und damit eine Steigerung der Bildpunkte in der Sekunde erleichtert wird. Diese Röhren verlangen natürlich auch weitgehende Fehlerfreiheit, wie die Bildsenderöhren, bei denen eine Steigerung der Helligkeit für einen Schirm von $20 \times 20\ cm^2$ auf 50 lx bei 5 kV und 10^{-4} A Kathodenleistung erreicht wurde. Beim Projektionsrohr ließen sich mit 1 mA Elektronenstrom auf dem Schirm von $8 \times 10\ cm^2$ Helligkeiten von 100 lx schaffen.

In den Einzelvorträgen wurde von **H. Rothe** und **W. Kleen**, Berlin, auf die Bedeutung der Elektronenoptik in der Technik der Verstärkerröhren aufmerksam gemacht. Bei Mehrgitterröhren läßt sich der Kennlinienverlauf dadurch erklären, daß die Abschnitte zwischen den einzelnen Gitterdrähten wie elektronenoptische Zylinderlinsen wirken. Diese Linsen bestimmen dann die Stromverteilung. Durch Brechung, Reflexion und Konzentrationsänderungen solcher Elektronenbündel lassen sich über die normale Gittersteuerung hinausgehende Steuerwirkungen erzielen.

In der elektronenoptischen Emissionsforschung zeigten Untersuchungen von **W. Heinze** und **S. Wagner**, Berlin: Über den Aktivierungsvorgang bei Oxydkathoden, daß beim einfachen Glühen und beim Glühen unter gleichzeitiger Stromentnahme der Kathode (Formieren) die emittierende Oberfläche sich in beiden Fällen wenig ändert, während durch die Aktivierung in beiden Fällen die Emission auf das 10^6fache steigt. Durch Messung des Kontaktpotentials zwischen der Oxydkathode und einer Wolframkathode gegen eine Anode konnte die Austrittsarbeit der Oxydkathode bei der Meßtemperatur bestimmt werden, die sich während des Aktivierungsvorganges beträchtlich ändert. — Der Einfluß des Sauerstoffes auf die Glühemission nach Untersuchungen mit dem Elektronenmikroskop von **H. Mahl**, Berlin, äußert sich an glühenden, mit dünnen aktiven Schichten überzogenen Metallen derart, daß nicht die gesamte Oberfläche gleichmäßig vergiftet wird, sondern daß die Zerstörung von einzelnen Punkten oder von einer Seite aus ansetzt. — Auf Grund von Betrachtungen über thorierte Kathoden deutet **A. Gehrts**, Berlin, den Vorgang der Elektronenbefreiung im Sinne Lenards, wonach die glühelektrischen Elektronen nicht ursprünglich freie Ladungsträger sind, sondern erst an der Körperoberfläche durch eine von der Wärmebewegung der Atome hervorgerufene „Nähewirkung" aus dem Atomverband befreit sind. — In Hochvakuum-Kathodenstrahlröhren mit Paste-Glühkathode lassen sich nach **B. Bartels** und **K. Diels**, Berlin, negative Ionen nachweisen. Durch geeignete Vereinigung von elektrischen und magnetischen Ablenkfeldern lassen sich O_2-, O- und H-Ionen nachweisen und vorführen. Diese Ionen verderben den Leuchtschirm und entstehen aus Spuren von Wasserdampf. — Bei einem neuen Polarkoordinaten-Elektronenstrahl-Oszillograph mit besonders linearem Zeitmaßstab von **M. v. Ardenne**, Berlin, hat man eine lange Zeitlinie ohne Lücke bis zu 5.10^{-6} s Umlaufzeit. Damit ergibt sich eine sehr genaue Zeitablesung und geringere Beanspruchung des Leuchtschirmes[2]). — Am Abend kehrte man zur Lichtoptik zurück und **E. Gretener**, Berlin, gab einen kurzen Überblick über Physik und Technik des Berthon-Siemens Farbfilmverfahrens[3]).

Zu dem II. Hauptthema: Akustik (Leiter: E. Meyer und E. Waetzmann) gab E. Meyer die Einführung durch einen kurzen Überblick über das Gesamtgebiet, wobei er betonte, daß erst die Elektroakustik die notwendige Meßtechnik (bis 10^{-16} W/cm²) geschaffen habe. Die physiologische Akustik habe daraus Nutzen gezogen, aber die Fernmeldetechnik verdanke ihr dafür nützliche Erkenntnisse. Bei Hinweisen auf die Bestimmung akustischer Widerstände wurde als technisches Anwendungsbeispiel der Auspuffdämpfer genannt. Parallelen zwischen Akustik und Optik bestehen z. B. bei der Bestimmung der subjektiven Lautstärke und der Helligkeit. Untersuchungen an Musikinstrumenten führen nicht allein zur Kenntnis der Schallvorgänge, sondern auch zu rein elektrischen Instrumenten mit bekanntem oder neuartigem Klangbereich. Bei raumakustischen Messungen zeigten sich starke Absorptionserscheinungen durch die Luftfeuchtigkeit, welche auf Absorption durch molekulare Anregung der Sauerstoffmoleküle zurückzuführen ist. Die Schwingungsenergie und Rotationswärme der Moleküle in mehratomigen Gasen und Flüssigkeiten wird in großem Umfange durch Ultraschall festgestellt. Auch in der Technik hat der Ultraschall bei Echolotungen, Rührwerken, Feststellung von Haarrissen und ähnlichen Aufgaben bereits Anwendung gefunden. — Über neuere Probleme auf dem Gebiet des Ultraschalles berichtete **L. Bergmann**, Breslau. Man arbeitet hier mit Frequenzen von 20 kHz bis 2 MHz und Wellenlängen von 1,7 cm bis 10^{-4} cm. Der Ultraschall wird durch Magnetostriktion oder piezoelektrisch erregt bis zu Leistungen von z. B. 10 W/cm² in Flüssigkeiten. Die Ultraschallwellen werden nach Debye und Sears durch Beugung von Lichtstrahlen nachgewiesen. Hat man den Schall in Kristallen, dann lassen sich Raumgitter herstellen, welche den v. Laueschen Beugungsbildern für Röntgenstrahlen entsprechende optische Beugungsbilder liefern. Aus ihnen lassen sich ohne weiteres die optischen Konstanten des Kristalls bestimmen. Bei undurchsichtigen Körpern lassen sich diese Beugungsbilder aus Reflexion an der Oberfläche des durchschallten Körpers gewinnen. — **E. Waetzmann**, Breslau, berichtete über Erbbiologische Ähnlichkeit am menschlichen Gehörorgan, **L. Cremer**, Berlin, über Physikalische Grundlagen der Raumakustik. — **H. J. v. Braunmühl**, Berlin, behandelte elektrische Sprach- und Musikübertragung. Bei elektrischen Schallübertragungen ist der Einfluß des Frequenzganges, der Verzerrungen, der Dynamik, des Störgeräusches und der Richtwirkung zu berücksich-

[2]) Vgl. a. Krawinkel, ETZ 57 (1936) H. 41, S. 1171.
[3]) ETZ 57 (1936) H. 32, S. 908.

Digitized by Google

tigen. Zu prüfen ist dabei, welche Unvollkommenheiten in den einzelnen Punkten noch zugelassen werden können, ohne das der subjektiv wahrgenommene Schall merkbar beeinträchtigt wird. Die physikalische Wirkungsweise der für Schallübertragungen benötigten Geräte wurde vor allem für die akustischen Wandler (Mikrophone und Schallsender) dargestellt. Die Gesichtspunkte für den Aufbau der Schallverstärkungsanlagen für große Menschenmengen wurden an Hand von Beispielen entwickelt.

Zu den anschließenden Einzelvorträgen berichtete **F. Trendelenburg**, Berlin, nach gemeinsam mit E. Franz und E. Thienhaus, Berlin, durchgeführten Untersuchungen über die Einschwingvorgänge an Orgelpfeifen, die bei den verschiedenen Registern der Orgel der Eosander-Kapelle des Charlottenburger Schlosses voneinander stark abweichen und damit die Klangwirkung der Orgel erklären. Weitere Berichte behandelten interessante rein akustische Fragen wie **H. Backhaus**, Karlsruhe: Über Resonanzeigenschaften von Streichinstrumenten, deren statisch verwertete Schallspektren Resonanzkurven als objektives Kriterium für das Verhalten des Instrumentes ergeben. — **O. Vierling**, Berlin: Über Klaviersaitenschwingungen, sprach über die Zusammenhänge zwischen Saitenschwingung, Stegschwingung und abgestrahltem Ton, wobei für den Klavierton eine Drehschwingung des Steges wesentlich ist.

F. Krüger und **H. Casper, Greifswald**, sprachen über die Wirbelbildung bei Schneidentönen, **F. M. Osswald**, Winterthur, über Raumakustik in geometrischer Betrachtung.

H. Sell, Berlin: Eine neue kapazitive Methode zur Umwandlung mechanischer Schwingungen in elektrische und umgekehrt. An Stelle von Luft wird ein festes Dielektrikum benutzt, dessen hohe Rückstellkräfte durch Aufrauhung oder auch durch Durchbrechungen der Elektroden herabgesetzt werden. Das abstandhaltende feste Medium besitzt große Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, ergibt größere Kapazitäten und damit die Möglichkeit, längere Zuleitungen zu benutzen. Die Empfindlichkeit ist gegenüber einem Luftkondensatormikrophon gesteigert. Als Telephon oder Lautsprecher wurde die Abstrahlung hochfrequenten Schalles vorgeführt. Für die strahlende Fläche ist man in der Formgebung wesentlich freier als bei Luftabstand. — **H. G. Thilo**, Berlin: Akustische Messungen mit dem Tonmesser und dem Dämpfungsschreiber. Der Tonmesser zeigt mit einer Einstellzeit von wenigen Millisekunden nach geeigneter Verstärkung und Abnahme der Spitzen nach Gleichrichtung an einem Kondensator die Spannungsspitzen an. Um ein Amplitudenverhältnis von 1 : 100 auf einer Skala ablesbar unterzubringen, ist der Ausschlag dadurch in ein logarithmisches Verhältnis zur Eingangsspannung gebracht, daß man die logarithmische Widerstandskennlinie eines im Gitterkreis der letzten Gleichrichterröhre liegenden Kupferoxydulgleichrichters benutzt. Da die Kennlinie stark temperaturabhängig ist, wird der Gleichrichter durch Zusatzheizung auf gleicher Temperatur gehalten. Der Skalenumfang beträgt 4,5 Neper. Unter Benutzung eines Lichtzeigers und einer frequenz- oder zeitproportionalen Verschiebung auf einem Leuchtschirm lassen sich Frequenz-, Dämpfungs- und Nachhallkurven aufnehmen.

D. Thierbach und **H. Jakoby**, Berlin: Verteilung der Sprechleistungen bei der gemeinsamen Übertragung zahlreicher trägerfrequenter Sprachbänder. Bei Fernsprech-, insbesondere bei Breitbandkabeln wird eine große Zahl von Gesprächen, 100 bis 200, gleichzeitig übertragen. Aus der Sprechspannung eines Gespräches sollen Richtlinien für die Bemessung von Breitbandverstärkern gewonnen werden. Die Verteilungsfunktion eines Gespräches wird durch eine einfache, der Rechnung zugängliche Funktion angenähert. Durch Wahrscheinlichkeitsrechnung wird dann bestimmt, wie häufig eine bestimmte Summenamplitude überschritten wird. Für welches Vielfache der mittleren Spannung des einzelnen Gespräches ein Verstärker für n-Gespräche bei einer bestimmten kleinen Wahrscheinlichkeit des Übersteuerns bemessen werden muß, ergeben berechnete Kurven. — **F. Strecker**, Berlin: Verständlichkeit und Lautstärke bei Frequenz- und Amplitudenbegrenzung. Die Wirkung der Frequenzbandeinengung ist lange bekannt und untersucht. Überträgt man über die Fernleitung das Band von 300 bis 2700 Hz, dann schneidet man unter 300 Hz etwa 40 % der Sprechleistung und über 2700 Hz etwa 5 % ab, diese letzteren setzen die Verständlichkeit um 20 % herab, den ersteren Verlust bemerkt man kaum. Der Lautstärkeverlust beträgt 0,5 Neper. Um die Verstärkerleistung klein halten zu können, will man die Höchstspannungen wegschneiden und die kleinen Amplituden aussieben, um das Nebensprechen und die Geräusche zu schwächen. Beim Begrenzen für große Amplituden werden beim Abschneiden der Spannungsspitzen auf $^1/_{10}$ des Höchstwertes von 3 V etwa 70 % aller Amplituden erfaßt, die Lautstärke sinkt demnach um 1 Neper, aber die Verständlichkeit bleibt fast unverändert. Bei weiterer Begrenzung sinken Lautstärke und Verständlichkeit ziemlich rasch. Legt man beim Sieb für kleine Amplituden die Schwelle auf 0,1 V, dann werden schwache Anfänge und Enden der Silben unterdrückt, die Sprache setzt hart ein und aus. Auch Mißverständnisse setzen ein ohne merkbare Herabminderung der Lautstärke. — Vokale werden durch beide Grenzen in der Verständlichkeit als periodische Vorgänge wenig betroffen. Die Konsonanten werden besonders durch das Sieb kleiner Amplituden beeinflußt und die Übergangsvorgänge der Konsonanten kräftig zerstört, vor allem t, ss, h, f und p.

G. Buchmann, Berlin: Der Einfluß der Größe und Form von Schallschirmen auf die Schallabstrahlung von Lautsprechern wird in Abhängigkeit von der Frequenz quantitativ genau untersucht. Nach anfänglicher Zunahme der Strahlung tritt in Abhängigkeit von der Größe des Schirmes infolge Interferenz des nach vorn und nach hinten abgestrahlten Schalles eine Einsattelung auf. Deren Lage wird genau bestimmt und in Übereinstimmung mit der Theorie gefunden. Auch die am folgenden Tage abgehaltenen Berichte **L. Bergmann**, Breslau: Über neue optische Beugungserscheinungen an schwingenden Festkörpern (nach gemeinsamen Versuchen mit Ch. Schaefer) und **H. Ludloff**, Breslau: Über Ultraschall-Oberflächenwellen und ihren optischen Nachweis gehören inhaltlich zum 2. Hauptthema. Läßt man Licht an der Oberfläche eines durch Ultraschallwellen angeregten Festkörpers reflektieren, so erhält man auch Beugungsfiguren nach Art der Laue-Diagramme, die von einem Kreuzgitterspektrum völlig abweichen und Kreise oder ellipsenähnliche Kurven darstellen. Diese Erscheinung ist nicht nur an Kristallen, sondern auch an Stahlwürfeln beobachtet worden. — Aus der Theorie von Ludloff folgt, daß die Beugungserscheinung durch das Verhältnis der Länge der elastischen Welle zu den Körperabmessungen beeinflußt wird, und daß bei Platten, deren Dicke mit der Länge der elastischen Welle vergleichbar wird, die Möglichkeit besteht, in Reflexion beide Elastizitätskonstanten einzeln abzulesen.

Eine Reihe weiterer Vorträge behandelte Fortschritte auf dem Gebiete der Gasentladungen. **M. Steenbeck**, Berlin, hat in einer Glimmentladung mit langer Säule in weitem Druck- und Strombereich die Elektronentemperatur und die Längsfeldstärke in leichtem und in schwerem Wasserstoff bestimmt. Beide Größen sind in schwerem Wasserstoff kleiner. Die Abweichung ist durch die Diffusionstheorie zu erklären. — **W. Koch**, Berlin, zieht den Elektronenstrahloszillograph zum experimentellen Nachweis des Verhaltens von Ionenschichten um das Steuergitter von Stromrichtern während der Entionisierung heran. Die Dicke der positiven Raumladungsschicht wächst mit ab-

Digitized by Google

nehmender Konzentration der Ladungsträger. Bei Entladungsgefäßen mit Steuergitter läßt sich das Verschließen der Gitterlöcher durch das Zusammenwachsen der Ionenschichten experimentell nachweisen. Zur Verhinderung des Wiederzündens bei einer während der Entionisierung positiv gemachten Anode ist dieser Verschluß nicht ausreichend. — **H. Kniepkamp,** Berlin, berichtet über die Brennspannungs-Kennlinie des Niedervoltbogens, die nach kleinen Bogenströmen durch das Gebiet des schwingenden Niedervoltbogens begrenzt wird. — **G. Mierdel,** Berlin, löscht den Lichtbogenbrennfleck an einer Quecksilberkathode durch Anschalten eines vorgeladenen Kondensators. Für die Löschzeit ergibt sich eine obere Grenze von 10^{-9} s.

Aus den Messungen von **H. Alterthum, A. Lompe** und **R. Seeliger,** Berlin, über die Aufzehrung von Edelgasen in elektrischen Entladungen in Ne, He und Ar ergibt sich eine Proportionalität der Aufzehrungsgeschwindigkeit mit der Stromstärke. Die Beobachtungen sind am besten vereinbar mit der Annahme, daß die Edelgase in Form von positiven Ionen in die Elektroden eindringen. **E. Müller,** Berlin: Versuche zur Theorie der Elektronenemission unter der Einwirkung hoher Feldstärken ergeben keine Abkühlung der Kathode bei Feldelektronenemission. Auch verlassen die Elektronen nach ihrer Geschwindigkeitsverteilung ohne Überschreiten der Potentialschwelle die Kathode, dagegen ist die Abhängigkeit des Feldstromes von der Austrittsarbeit wesentlich stärker als nach der wellenmechanischen Theorie.

H. Handrek, Hermsdorf (Thür.), stellt neuartige vakuumdichte Keramik-Metall-Verbindungen dadurch her, daß er dem Metall an der Verschmelzungsstelle das Ausdehnungsverhalten des keramischen Stoffes aufzwingt. — **W. Fucks** und **W. Seitz,** Aachen, finden im homogenen Feld Zündspannungsänderungen durch Bestrahlung derart, daß durch den kürzerwelligen Teil des Ultraviolettspektrums der Quecksilberlampe die Zündspannung erhöht wird. — **R. Schade,** Berlin, stellt fest, daß der Zündverzug von Glimmentladungen nicht statistisch verteilt ist und die Zeiten von 10^{-5} s bis 1 s umfaßt. Es handelt sich dabei um die Aufbauzeit einer Glimmentladung, deren Länge durch die Entwicklung des Vorstromes bedingt ist. Nach **A. Gehrts,** Berlin, lassen sich die Gesetzmäßigkeiten des Kathodenfalls einer Glimmentladung durch seine Betrachtung als Raumladedoppelschicht gewinnen. — **P. C. Hermann,** Berlin, entwickelt ein Verfahren zur direkten halblogarithmischen Aufzeichnung von Sondenkennlinien mittels Braunscher Röhre, wobei als logarithmischer Widerstand für die dem Logarithmus des Stromes proportionale Ablenkung eine weitere Gasentladung benutzt wird, so daß zwei Sondenkreise in Reihe geschaltet sind.

Zum Schluß sei noch auf einige weitere Vorträge aus den verschiedenen Teilgebieten der Physik hingewiesen. **T. Schlomka,** Hannover, schlägt einen von dem gewohnten abweichenden Aufbau der Elektrodynamik vor. Statt der Definition der elektrischen und magnetischen Feldstärke und ihrer Kopplung durch die Maxwellschen Gleichungen werden hier das retardierte Skalar- und retardierte Vektorpotential an die Spitze gestellt. Beim gewöhnlichen Aufbau der Elektrodynamik üben nur der Gradient des Skalarpotentials, der Rotor und die örtliche zeitliche Änderung des Vektorpotentials einen Einfluß auf die physikalischen Vorgänge aus. Nach dem vorgeschlagenen Aufbau könnten auch noch das Skalarpotential, das Vektorpotential und die örtliche zeitliche Änderung des Skalarpotentials experimentell nachweisbare Effekte hervorrufen. — **W. Wessel,** Jena, stellt, um den Einfluß des Verschiebungsstromes auf Selbstinduktion und Kapazität, also für nichtquasistationäre Schwingungen streng erfassen zu können, eine Integralgleichung für die Stromdichte auf, aus der sich geschlossene Ausdrücke für L, R und C ergeben, die für den quasistationären Fall bekannt sind, im nicht-quasistationären Fall bei bekannter Stromverteilung ausgewertet werden können und zur Berechnung z. B. des Strahlungswiderstandes von Antennen und seine Trennung in kapazitiven und induktiven Anteil führen. Nach **E. Schulze-Herrigen,** Berlin, läßt sich beim Gleichwellenrundfunk durch ein mittelbares Steuerungsverfahren mit Quarzen als Schwingungserzeuger eine hohe Gleichlaufgenauigkeit der Sender untereinander (Schwebungsdauer 2 bis 8 h) bei einem Steuerton von 7876 Hz erreichen, wobei Störspannungen des Steuerkabels bis zur Hälfte der Nutzspannung keinen merkbaren Einfluß auf die Nebensenderfrequenz hatten. Die Kenntnis der von den Störspannungen hervorgerufenen Phasenmodulation ist dazu notwendig, sie wurde mit einem von **F. Gutzmann,** Berlin, beschriebenen neuen Meßgerät objektiv gemessen. — **W. Dällenbach,** Berlin, verbessert eine Einrichtung zur Betätigung mechanisch beweglicher Teile, z. B. Gasventile, durch Licht durch Benutzung zweier Ausdehnungskörper, beide aus demselben Stoff und durch Federn gespannt, der eine poliert vergoldet und der andere in einem doppelwandigen Vakuumgefäß eingeschlossen. Die Empfindlichkeit wird dadurch gesteigert, daß die die Strahlung absorbierende Außenfläche der Innenwand ein hohes Absorptionsvermögen im Sichtbaren und ein hohes Reflexionsvermögen im Ultraroten besitzt. — **P. Selenyi,** Budapest, führte einen einfachen elektrographischen Oszillographen vor, der in Weiterentwicklung des bekannten elektrostatischen Aufzeichnungsverfahrens[4]) das von einer Glühkathode ausgehende engbegrenzte Bündel negativer Ionen auf paraffiniertes Papier als Aufzeichnungsträger schickt. Die Aufnahme wird durch Bestäuben sofort „entwickelt". Schwingungen von 20 000 Hz lassen sich noch aufzeichnen, die obere Grenze dürfte bei einigen hunderttausend Hz liegen. Ein Nachteil besteht darin, daß die Aufzeichnung nicht in der gewohnten Kurvenform, sondern in der sog. Dichte- oder Sprossenschrift des Tonfilms erfolgt.

E. Lübcke, Berlin.

[4]) ETZ 56 (1935) S. 961.

Das Sintern von Wolframkarbid in elektrischen Öfen.

621. 365 : 669. 27

Infolge seines hohen Härtegrades verwendet man Wolframkarbid für Bearbeitungswerkzeuge (zum Drehen, Bohren, Ziehen, Schleifen). Zubereitet wird es aus einer pulvrigen Masse durch Sintern und Brennen[1]). Infolge der genau einzuhaltenden Temperaturen zieht man den elektrischen Ofen für die Ausführung dieser Brennarbeit vor. Man vermischt sehr feines pulvriges Wolfram mit reinem Kohlenstoff und nimmt die Kohlung ebenfalls in elektrischen Öfen vor. Daraus ergibt sich ein dunkelgraues Pulver, das man neuerdings noch mit pulverförmigem Kobaltkarbid vermischt. Dieses Gemisch wird bei 4 bis 5 t/cm² gepreßt und bei 700 bis 900 ° C in elektrischen Öfen gebrannt. Das erhaltene Gut wird mit der Säge zerteilt und die Stücke mit der Feile bearbeitet. Daraus ergeben sich die betreffenden Formstücke, die nunmehr nochmals in elektrischen Öfen, aber dieses Mal bei 1400 bis 1500 ° C gebrannt werden. Durch diese Brennarbeit nehmen die Stücke eine außergewöhnlich hohe Härte an, die z. B. 1500 Brinelleinheiten betragen kann. *Kp.*

[1]) J. Four électr. 45 (1936) S. 345.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 316. 935. 1 **Bemerkenswerte Betriebsergebnisse einer Erdschlußspule.** — In der ETZ wurde bereits über Rauhreifstörungen an einer spanischen 35 kV-Leitung berichtet[1]). Nachdem eine Reihe von Versuchen, Abhilfe zu schaffen, fehlgeschlagen oder sich aus wirtschaftlichen

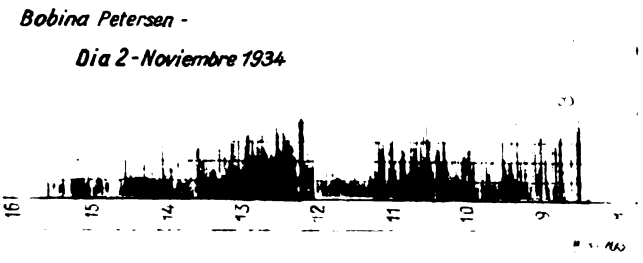


Abb. 1. Teil eines Registrierstreifens des Strommessers der 35 kV-Erdschlußspule an einem Sturmtag.

Gründen als nicht durchführbar erwiesen hatten, entschloß man sich in diese Leitung nach zwei Jahren Betrieb mit isoliertem und starr geerdetem Nullpunkt zum Einbau einer Erdschlußspule nach Petersen.

Das Ergebnis übertraf alle Erwartungen. In Abb. 1 ist ein Teil des Registrierstreifens der Spule an einem Sturmtag, dem 2. 11. 1934, wiedergegeben, an dem die Spule von 8^{20} bis 24^{00} über 450 kurzzeitige Erdschlüsse ohne eine einzige Betriebsunterbrechung löschte, davon allein 300 in den ersten sechs Stunden, dem abgebildeten Teil des Streifens, mit durchschnittlich einem Erdschluß je Minute. Die Lichtbogendauer war stets so kurz, daß der registrierende Strommesser gar nicht dazu kam, den vollen Stromwert anzuzeigen. Die früher sehr starken Seilverbrennungen haben vollkommen aufgehört. [AEG-Mitt. (1936) S. 396.] *C. S. A.*

Geräte und Stromrichter.

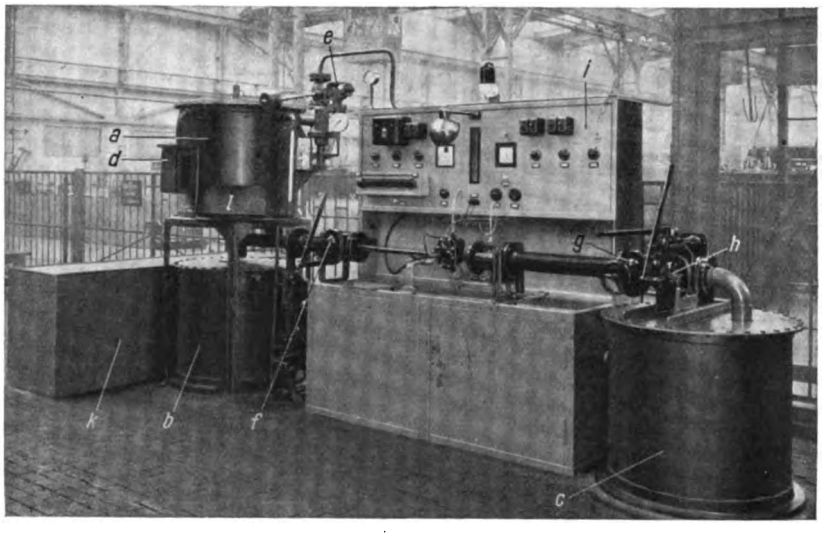
621. 316. 925 **Buchholz-Relais neuer Bauart.** — Die Aufgabe der Buchholz-Relais[2]) ist bekanntlich, die im Innern von ölgefüllten elektrischen Geräten, insbesondere von Umspannern, auftretenden Fehler rechtzeitig anzuzeigen und bei schweren Fehlern das Gerät abzuschalten. Demnach haben diese Relais drei Aufgaben:

1. bei langsamer Gasentwicklung (langsam auftretenden Fehlern) oder Ansammlung von Luft im Umspanner in bedienten Umspannwerken ein Warnsignal abzugeben und in unbedienten Umspannstellen den Umspanner abzuschalten;
2. bei Ölströmung vom Umspanner zum Ausdehnungsgefäß infolge schneller Gasentwicklung bei größeren Fehlern den Umspanner sofort abzuschalten;
3. bei Ölverlust entweder ein Warnsignal abzugeben (in bedienten Werken) oder den Umspanner abzuschalten (in unbedienten Umspannwerken).

Demnach kommt man für kleine Umspanner mit einem Einschwimmerrelais aus, da bei jedem Schaden abgeschaltet werden muß. Für größere Umspanner, die hauptsächlich in bedienten Werken aufgestellt werden, verwendet man Zweischwimmerrelais, bei denen der eine Schwimmer bei Gasansammlung ein Signal gibt und der andere Schwimmer bzw. eine Strömungsklappe bei Ölströmung die Abschaltung des Umspanners veranlaßt. Die Zweischwimmerrelais können von außen so umgestellt werden, daß sie bei Ölverlust Warnung oder Abschaltung veranlassen.

Außer dem Einschwimmerrelais für kleine Umspanner werden solche in schlagwettergeschützter Ausführung für Umspanner in Untertagebetrieben geliefert und solche für Laststufenwähler für Regelumspanner. Bei diesen treten bei gewöhnlichen Schaltvorgängen betriebsmäßig Gase auf, die vom Schutzrelais selbstverständlich nicht angezeigt werden dürfen. Daher ist für diesen Sonderfall ein Relais notwendig, das bei Ölströmung und bei Ölverlust, nicht aber bei Gasansammlung anspricht. Die Zweischwimmerrelais werden in verschiedenen Größen hergestellt. Die neuen Relaisausführungen wurden dadurch veranlaßt, daß der Betrieb gezeigt hat, daß das Buchholz-Relais in Aufbau und Ansprechgenauigkeit erhöhten Anforderungen des Betriebes angepaßt werden kann.

Die Ölwärme des zu schützenden Umspanners kann sich innerhalb der Grenze von 0 bis 95 ° C ändern, ebenso die von der Wärme abhängige Zähigkeit des Öles. Hierdurch dürfen die Ansprechwerte des Relais nicht übermäßig beeinflußt werden. Dies wurde durch besondere Formgebung der Ansprechelemente erreicht. Die neuzeitlichen Buchholz-Relais haben folgende Ansprechwerte: Die Ansprechgeschwindigkeit beträgt bei 5 ° Engler-Zähigkeit je nach



a	Kessel 1	*e*	Druckminderventil	*i*	Schalttafel
b	Kessel 2	*f*	Absperrschieber	*k*	Ablegetisch
c	Kessel 3	*g*	Geschwindigkeitsschieber	*l*	Schreibpult
d	Geschwindigkeitsmeßgefäß	*h*	Schnellschieber		

Abb. 2. Gesamtansicht der Buchholz-Relaisprüfeinrichtung.

Größe des Relais 50 bis 150 cm/s, mit einer Toleranz von ± 15 %. Die Eigenzeit des Relais ist gleich oder kleiner als 0,5 s bei den kleinen und 2 s bei den großen Relais. Bei Gasansammlung sprechen die Relais je nach Größe bei einer verdrängten Ölmenge von 160 bzw. 250 cm³ mit einer Genauigkeit von ± 20 % an. Die Aufhängung des bei Ölströmung wirkenden Ansprechgliedes ist pendelfrei, so daß sichere Kontaktgabe in der Ansprechlage erreicht wird.

Die Relais sind auf beiden Seiten mit Schaugläsern versehen, bei denen die Größe der durch Gasansammlung verdrängten Ölmenge an einer Skala abgelesen werden kann. Zugleich ist gute Überwachung und Beobachtung der Arbeitsweise des Relais möglich.

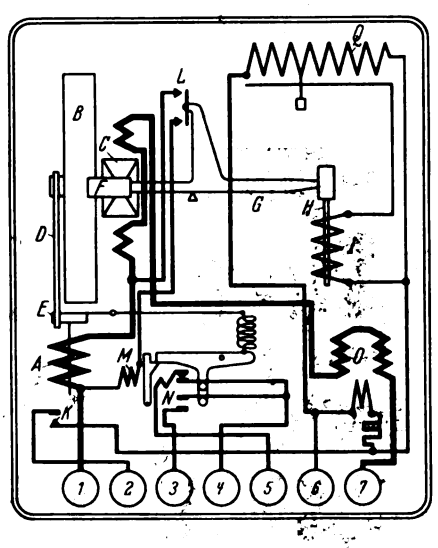
[1]) ETZ 55 (1934) S. 983.
[2]) E. Schmohl, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 39.

Digitized by Google

Die starre Verbindung des Relais mit dem verhältnismäßig viel größeren zu schützenden Gerät erfordert eine gewisse Unabhängigkeit der Relaiswerte von der jeweiligen Lage des Relais. Durch besondere Anstrebung des Relaisgehäuses ist eine vollkommene Relaisentlüftung möglich, so daß Fehlanzeigen von Gasansammlung vermieden werden. Die Umschaltung von Ruhe- auf Arbeitsstrom ist durch einfaches Umstecken der Schaltröhren möglich. Die Schaltröhren zeichnen sich aus durch große Genauigkeit, hohe Schaltleistung und Kurzschlußfestigkeit. Die Wandungen der Schaltröhren sind durch eine hitzebeständige Einlage geschützt. Die Relais können daher ohne Zwischenrelais auch für hohe Schaltleistungen verwendet werden.

Das Einhalten der vorerwähnten Arbeitsbedingungen durch die Relais erfordert eingehende Untersuchung der Relais vor Verlassen des Werkes und Messen ihrer Ansprechwerte. Abb. 2 zeigt den hierfür gebauten Relaisprüfstand. Die Prüfung erstreckt sich vor allem auf die Ermittlung der Ansprechgeschwindigkeit, der Eigenzeit und der verdrängten Ölmenge. Ferner wird jedes Relais einer Isolations-, Öldichtigkeits- und mechanischen Festigkeitsprobe unterzogen. [H. Prinz, Siemens-Z. 16 (1936) S. 298.] *Bwg.*

621. 316. 925. 45 **Ein neues Distanzrelais.** — Ein einfaches und offenbar auch verhältnismäßig kräftig aufgebautes Distanzrelais für Verteilungsnetze mittlerer Spannungen (3 bis 40 kV) wurde herausgebracht, das durch den neuartigen Aufbau seines Scheinwiderstand-Meßsystems bemerkenswert ist.



A Überstrom-Anregemagnet
B Kupferglocke
C Einphasen-Strommotor
D Hebelarm an der Motorwelle
E Anschlag (mechanische Sperrung des Anregemagneten *A*)
F permanenter Magnet
G Waagebalken
H Spannungsmagnet des Scheinwiderstand-Zeitsystems
I Spannungswicklung des Scheinwiderstand-Zeitsystems
K Kontakt für Zuschaltung des Spannungssystems des Energierichtungsgliedes
L Kontakt des Scheinwiderstand-Zeitsystems
M Wandlerstromerregtes Auslöseschütz
N Arbeits- und Ruhekontakt für Gleich- und Wandlerstromauslösung
O Energierichtungsglied
Q Anzapfspannungswandler zur Einstellung der Steilheit der Kennlinie

Abb. 3. Schaltanordnung des neuen Distanzrelais.

Es handelt sich um ein Relais mit stetiger Scheinwiderstand-Zeitkennlinie. Als Meßwerk wird ein Kipprelais mit zeitproportional verstellter Zugkraft des Stromsystems verwendet. Ein Waagebalken wird am einen Ende durch ein elektromagnetisches Spannungssystem an sich bekannter Bauart beeinflußt. Auf der anderen Seite greift ein Stromsystem an, das durch eine neuartige Ausführung auffällt. Um nämlich eine stetig ansteigende Scheinwiderstand-Zeitkennlinie zu erhalten, muß die Zugkraft bzw. das vom Stromsystem auf den Waagebalken ausgeübte Drehmoment vom Beginn des Kurzschlusses an zeitproportional vergrößert werden. Diese an sich nicht sehr leichte Aufgabe, die im allgemeinen auch auf erhebliche bauliche Schwierigkeiten führt, ist bei dem neuen Relais in recht interessanter Weise gelöst. Das Stromsystem besteht nämlich, wie Abb. 3 zeigt, aus einem Einphasenmotor *C*, der eine Kupferglocke *B* antreibt. Der umgebördelte Rand dieser Glocke läuft im Luftspalt eines kleinen permanenten Magneten, der an dem Waagebalken befestigt ist. Das auf das Kippsystem ausgeübte Drehmoment ist also proportional der Winkelgeschwindigkeit der Kupferglocke, die ihrerseits dem Drehmoment Md_m des Strommotors und außerdem bei gleichmäßiger Winkelbeschleunigung proportional der Zeit t ist. Es gilt also für das vom Stromsystem auf den Waagebalken ausgeübte Drehmoment:

$$Md_i = C_1 \omega = C_2 Md_m t .$$

Das Drehmoment des Strommotors kann nun durch geeignete Wahl der Sättigungsverhältnisse in erster Annäherung als eine lineare Funktion des erregenden Kurzschlußstromes I dargestellt werden. Es gilt also auch:

$$Md_i = C_3 I t .$$

Infolge passender Auslegung des Spannungssystems ist anderseits auch das von dort ausgeübte Drehmoment Md_u proportional der Spannung, also:

$$Md_u = C_4 U .$$

Das Kippsystem spricht an, wenn Gleichheit beider Drehmomente erreicht ist, d. h. wenn:

$$C_3 I t = C_4 U .$$

Damit ergibt sich dann für die Auslösezeit des Relais:

$$t = C_5 U / I = C_5 Z ,$$

d. h. die Auslösezeit ist proportional dem Scheinwiderstand der Fehlerschleife.

Die mitgeteilten tatsächlichen Auslösekurven lassen allerdings erkennen, daß die angestrebten Einzelkennlinien des Strom- und Spannungssystems nicht mit sehr großer Vollkommenheit erreicht wurden, was sich in einem fast quadratischen Verlauf der resultierenden Auslösekennlinie und einer recht erheblichen Stromabhängigkeit äußert. Die letztere ist jedoch im ganzen Arbeitsgebiet rein positiv und unterstützt somit die Selektivität[1]).

Bei stark ungleichen Längen der aufeinanderfolgenden Strecken soll die erzielte quadratische Kennlinie gerade erwünscht sein, um die richtige Staffelung der Relais zu begünstigen. Dieser Ansicht kann nicht ohne weiteres beigepflichtet werden, da bei bestimmter Fehlerlage auf den langen Leitungsabschnitten leicht alle staffelnden Relais in die Grenzzeit kommen können, was beim Versagen des für die Auslösung zuständigen Relais oder Schalters sehr unangenehm werden kann. Vor allen Dingen könnten aber auch diese letzteren Relais bei Doppelerdschlüssen sehr nahe an die Grenzzeit herankommen.

Alles in allem stellt das neue Relais in seiner einfachen Ausführung jedoch eine für nicht zu anspruchsvolle Verteilungsnetze geringerer Spannung bemerkenswerte Lösung dar. Es wird als einphasiger Standardtyp mit einem im gleichen Gehäuse untergebrachten Überstrom-Anregeglied und Richtungsglied ausgeführt. Zur Einstellung des Meßbereiches ist außerdem ein kleiner Spannungswandler vorgesehen, dessen vielfache Anzapfungen direkt in Sekundär-Scheinwiderständen geeicht sind. Der Auslösekontakt läßt je nach Anschluß an die Klemmen 3/4 oder 4/5 wahlweise Gleich- oder Wandlerstromauslösung zu.

Die Zusammenstellung zum vollständigen Schutz eines Drehstromendes erfolgt in den üblichen Dreirelaisschaltungen. Auch Zweirelais-Sparschaltungen sowie zusätzliche Umschaltrelais für verbesserte Doppelerdschlußerfassung sind in Sonderfällen vorgesehen. [M. R. Dubusc, Bull. Soc. Franç. Électr. 6 (1936) S. 855.] *Gm.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

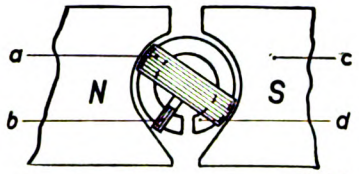
621. 317. 7. 082. 12 **Meßgerät mit T-Spulsystem.** — Das T-Spulsystem ist ein spannungsunabhängiges Gleichstrom-Quotientenmeßwerk, mit dessen Hilfe elektrische Widerstände gemessen werden können. In der praktischen Ausführung handelt es sich bei diesen Widerständen meistens um Widerstandsthermometer für die elektrische Temperaturmessung oder um Widerstands-Ferngeber für die elektrische Übertragung mechanisch gemessener Größen, wie beispielsweise Druck, Zug, Menge usw. Beide Meßverfahren gestatten die Zusammenfassung vie-

[1]) Siehe auch: M. Walter: Der Selektivschutz nach dem Widerstandsprinzip. München: R. Oldenbourg, 1933.

Digitized by Google

ler im Betrieb verstreuter Meßstellen zu einer zentralen Warte. Diese Möglichkeit bietet den Vorzug, den gesamten Betrieb in dieser Warte durch anzeigende oder schreibende Meßgeräte zu überwachen und von hier aus die für die Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit erforderlichen Maßnahmen zu treffen.

Das T-Spulmeßwerk hat seinen Namen von der Anordnung der beiden Systemspulen, die miteinander einen Winkel von 90 ° einschließen (Abb. 4). Von einem üblichen Drehspulmeßwerk mit dem Zeiger-Nullpunkt in der Skalenmitte unterscheidet es sich dadurch, daß die mechanische Richtkraft der Rückstellfedern durch die elektrische Richtkraft einer Hilfsspule ersetzt wird. Die Stromzuführung erfolgt über richtkraftlose Edelmetallbändchen. Weiterhin ist der Eisenkreis besonders gestaltet (Abb. 5).



a Hauptspule *c* Dauermagnet
b Hilfsspule *d* Polkern

Abb. 4. T-Spulmeßwerk.

Die elektrische Richtkraft der Hilfsspule ändert die Richtung mit verschiedener Auslenkung des Systems aus der Mittellage, da sie dann in einem anderen Sinne von dem Magnetfeld durchsetzt wird. Sie gelangt mit wachsender Auslenkung in ein stärkeres Feld, wodurch auch die Richtkraft zunimmt. Haben die Polschuhe des Dauermagneten eine bestimmte tangential auslaufende Form, so ergibt sich wie bei einer mechanischen Feder eine gleichmäßige Zunahme der Richtkraft. Es kommt eine geradlinige Abhängigkeit des Zeigerausschlages von dem Verhältnis Hauptstrom zu Hilfsstrom zustande und damit eine in den meisten Fällen gleichförmig unterteilte Skala.

Zur Temperaturmessung mit Widerstandsthermometern wird eine Wheatstonesche Brückenschaltung verwendet. Ein Brükkenzweig enthält den Meßwiderstand, während die drei anderen temperaturunabhängige Widerstände enthalten, die in dem Meßgerät fest eingebaut sind. Die Hauptspule wird in den Diagonalzweig der Brücke gelegt und diese so abgeglichen, daß in der Mitte des Meßbereiches durch die Hauptspule kein Strom fließt. Die Hilfsspule wird so geschaltet, daß der sie durchfließende Strom von einem Brückenstrom oder einer Brückenspannung abhängig ist. Der Temperatureinfluß auf die Anzeige des Meßgerätes ist in der Skalenmitte Null, da dort durch die Hauptspule kein Strom fließt. Er läßt sich auch für die anderen Skalenpunkte klein halten, wenn der Hilfsstrom die gleiche Temperaturabhängigkeit wie der Hauptstrom erhält.

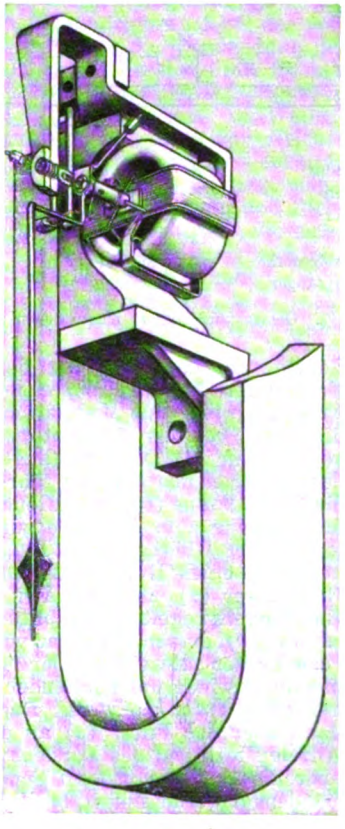


Abb. 5. T-Spulmeßwerk.

Das T-Spulmeßwerk hat verschiedene Vorzüge. Das Meßwerk ist symmetrisch aufgebaut und der Zeigerausschlag kann 90 ° betragen. Mit dem gleichen Meßgerät können kleine und große Meßbereiche erfaßt werden; der kleinste Meßbereich ist nur durch die kleinste zulässige Richtkraft bestimmt. Bei einer Vergrößerung des Meßbereiches wird auch die Richtkraft gesteigert.

Das T-Spulmeßwerk wird in drei verschiedenen Ausführungsformen hergestellt:

Mit Spitzenlagerung für Schalttafelmeßgeräte und für Ablesestationen.

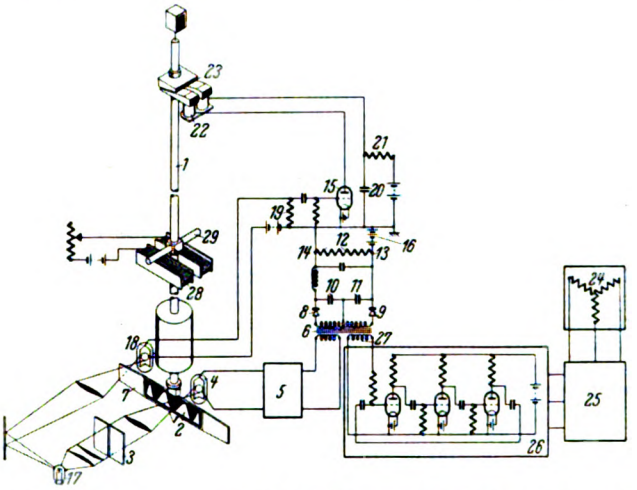
Mit Bandaufhängung für kleine und große Punktschreiber.

Mit Zapfenlagerung in größerer Ausführung für kleine oder große Tintenschreiber.

[H. R. Eggers, AEG-Mitt. (1936) S. 372.] *eb.*

621. 398 : 529. 78 **Selbsttätige Zeitansage durch Telephon jetzt auch in London.** — Wie bereits früher berichtet[1]), sind in mehreren europäischen Hauptstädten, zuerst in Paris, seit einem Jahre auch in Berlin, von der Postverwaltung „sprechende Uhren", meist auf dem Prinzip des Tonfilms beruhend, eingerichtet worden, die dem Fernsprechteilnehmer bei Wahl einer bestimmten Nummer selbsttätig die genaue Zeit nach Stunden, Minuten und Sekunden ansagen.

Neuerdings ist auch in London ein solches Gerät entwickelt und in Betrieb genommen worden, das in zahlreichen Einzelheiten sich von den bisher bekannten abhebt. Dasselbe besteht im wesentlichen aus vier sich drehenden Glasplatten, auf denen sich konzentrische kreisförmige Schwärzungen befinden, deren Intensität nach den vom Tonfilm her bekannten Verfahren schwankt.



1 Pendel
2 Transparent
3 Blende
4 (und *18*) Photozellen
5 ··· *14* Steuerschaltung
15 Röhrenrelais
17 Lichtquelle
19 ··· *21* Antriebsschaltung
22 und *23* Antriebs-Elektromagnete
24 ··· *27* Verstärker- und Motorschaltung für Antrieb der besprochenen Glasplatten
28 ··· *29* Fremdsynchronisierung (stündlich)

Abb. 6. Schaltanordnung der Synchronisierungsvorrichtung.

Die Platten sind besprochen mit den Zahlen 1 bis 59 (für die Minuten bzw. Sekunden), Schluß-Punktsignalen und ergänzenden Worten. Die Sprachübertragung erfolgt in grundsätzlich bekannter Weise derart, daß ein Lichtstrahl durch die besprochenen Teile der Glasplatten hindurch auf eine Photozelle fällt, deren Strom entsprechend den Sprachfrequenzen schwankt und nach Verstärkung im Telephonhörer wieder in Sprache verwandelt wird.

Besonders bemerkenswert sind bei dem Londoner Gerät die Vorrichtungen zur Synchronisierung des Antriebes der Sprechplatten, mit der die außerordentlich hohe Genauigkeit von 0,1 s größter Abweichung von der Greenwicher Normalzeit erreicht wird. Zunächst einmal ist eine stündliche Fremdsynchronisierung des verwandten Uhrentriebwerkes vorhanden; aber noch von Stunde zu Stunde muß die Geschwindigkeit des Triebwerkes auf $^1/_{60} \cdot {}^1/_{60} = {}^1/_{3600}$ konstantgehalten werden. Dazu dient die in Abb. 6 schematisch dargestellte und hier nur in den Grundzügen beschriebene Vorrichtung. Am Ende des Sekundenpendels *1* ist ein photographisches Transparent mit sinusförmigen Wellenbildern angebracht. Durch die

[1]) ETZ 56 (1935) S. 1158.

Digitized by Google

lichtdurchlässigen Stellen dieses Transparents wird das Licht der Lampe *17* auf die Photozelle *4* geworfen; der Photostrom ändert sich also sinusförmig, und zwar genau mit einer Frequenz von 4 Hz. Ändert sich nun durch irgendwelche Einflüsse die Schwingungsamplitude des Pendels, so ändert sich die Wellenform des Photostromes. Diese Formveränderung dient zur Regelung der Antriebskraft des Pendels. Die Verstärkerschaltung, die im einzelnen aus der Abbildung zu erkennen ist, ist so getroffen, daß bei der genauen Wellenform, also der richtigen Pendelschwingung, an dem Widerstand *13* bis *14* keine Potentialdifferenz vorhanden ist. Bei Veränderung der Wellenform dagegen besteht hier eine Potentialdifferenz, und in Zusammenwirken des Röhrenrelais *15* mit der zweiten Photozelle *18* erhält das Pendel über die Magnetspulen *22* und *23* einen Impuls, so daß die Amplitude auf die alte Höhe gebracht wird. [Horological J., London, 78 (1936) H. 8, S. 15.] *Blz.*

621. 383 : 621. 317. 733. 083. 5 **Kompensations-Meßverstärker mit Photozellen.** — R. W. Gilbert beschreibt verschiedene Ausführungarten eines mit zwei Photozellen arbeitenden, sich selbsttätig abgleichenden Gleichstromkompensators[1]), bei dem die zu messende Spannung bzw. der zu messende Strom (Größenordnung 10^{-3} V bzw. 10^{-5} A) als auf einen Strommesser einwirkender Strom abgebildet wird[2]). Der Lichtstrahl eines im Nullstromkreis liegenden Spiegelgalvanometers ohne mechanische Richtkraft beeinflußt über die beiden in eine Brückenschaltung eingefügten Photozellen den stetig veränderbaren Anodenstrom I einer Elektronenröhre, der diesen Strommesser (z. B. Drehspul-Tintenschreiber, Nennstrom 10 mA) durchfließt und bei Spannungsmessungen an einem festen Widerstand R einen zur Kompensation der zu messenden Spannung dienenden Spannungsabfall IR hervorruft. Bei Strommessungen wird der zu messende Strom durch einen dem Strom I verhältnisgleichen Vergleichsstrom kompensiert, wobei diese sich gegenseitig kompensierenden Ströme das (auch hier ohne mechanische Richtkraft arbeitende) Nullgalvanometer in entgegengesetzter Richtung durchfließen und an ihm keinen Spannungsabfall erzeugen (verlustfreie Strommessung). Der Strom I ist dem zu messenden Strom- oder Spannungswert streng verhältnisgleich und außerdem grundsätzlich unabhängig erstens von den Spannungs- und Frequenzschwankungen des die Meßanordnung speisenden Wechselstromnetzes, zweitens von irgendwelchen Änderungen der Photozellen und der Elektronenröhre und drittens von Widerstandsänderungen des den Strommeser enthaltenden Stromkreises. Der Ausschlagwinkel des Nullgalvanometers beträgt nur etwa 10 Winkelminuten, seine Einstellzeit, je nach Größe der gegeneinander kompensierten Ströme oder Spannungen, ungefähr 0,03 bis 0,4 s. Die Meßgenauigkeit ist abhängig von der Genauigkeit der in der Kompensationsschaltung liegenden, zur Veränderung des Strom- und Spannungsmeßbereichs dienenden Widerstände und von den Eigenschaften des Strommessers. Infolge der großen Einstellgeschwindigkeit und der hohen Empfindlichkeit ergeben sich verschiedenartige, für die Praxis wichtige Anwendungsmöglichkeiten (z. B. Erzeugung eines konstanten Stromes oder einer konstanten Spannung für Eichzwecke mit Hilfe eines Normalelementes, dessen Spannung fortlaufend kompensiert wird, oder Verwendung der beschriebenen Kompensationseinrichtung in Verbindung mit Strahlungspyrometern, Thermoelementen und Temperaturreglern). [R. W. Gilbert, Proc. Instn. Radio Engr. 24 (1936) S. 1239.] *Ggr.*

[1]) Vgl. auch: R. W. Gilbert, Rev. sci. Instr. 7 (1936) S. 41.

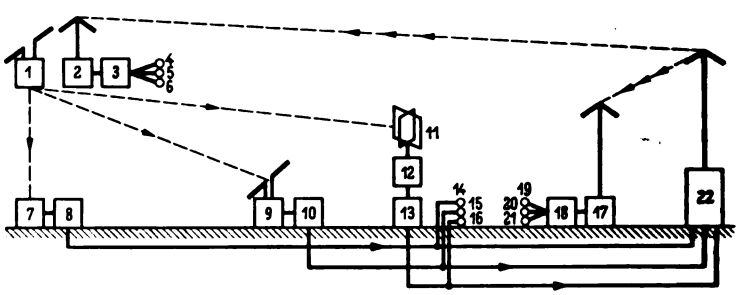
[2]) Zusammenfassende Darstellung über auf dem „Strommesser-Verfahren" beruhende Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung: W. Geyger, Arch. techn. Mess. (Mai 1936) Blatt J 932-2, Lfg. 59.

Flugwesen.

621. 396. 933 **Ein neues Blindlandungsverfahren.** — Mit den bisher bekannten Verfahren zum Blindlanden von Flugzeugen konnte vom Boden aus das Landemanöver nicht verfolgt werden. Außerdem war der Pilot nicht in der Lage, die Blindlandegeräte auf sicheres Arbeiten hin zu überwachen. Das in der Arbeit von K. Baumann und A. Ettinger angegebene Verfahren gestattet jedoch beides ohne großen Mehraufwand an Geräten.

Die Gesamtanordnung ist in Abb. 7 dargestellt. Im Flugzeug befindet sich ein UKW-Sender (*1*) von wenigen Watt Leistung, der einen Horizontaldipol über eine Speiseleitung erregt. Der Sender läßt sich tonfrequent modulieren, und es wird Dauerton von konstanter Amplitude gegeben. Um die Anflugrichtung festzulegen, sind auf dem Boden zwei Rahmen (*11*) gekreuzt angeordnet, die über einen Umschalter (*12*) abwechselnd an den Empfänger (*13*) gelegt werden. Der eine der beiden Rahmen bleibt dabei länger angeschaltet als der andere. Wenn daher das Flugzeug genau auf der Winkelhalbierenden zwischen den beiden Rahmen fliegt, ist ein Dauerton zu hören. Weicht dagegen das Flugzeug nach der einen oder anderen Seite von der Anfluglinie ab, so wird entweder das kurze oder lange Zeichen lauter. Damit ist die Seitenbestimmung gegeben. Zur Rückmeldung an den Piloten führt man jetzt diese Zeichen einem Flugverkehrssender (*22*) wieder zu, der auf einer langen Welle ($\lambda \approx 900$ m) arbeitet. Im Flugzeug ist noch ein normaler Langwellenempfänger (*2*) untergebracht, mit dem die Rückmeldungszeichen aufgenommen und schließlich auf ein Anzeigegerät (*4*) gegeben werden, das jede Abweichung vom Kurs und auch die Seite erkennen läßt.

Den Beginn des Landens bestimmt der UKW-Empfänger (*7*). Dieser trägt eine Antenne mit Steilkennlinie.



1	UKW-Sender	8	Tonfrequenzgenerator	14, 15, 16	Anzeigegeräte
2	Langwellen-Empfänger	9	UKW-Empfänger	17	Langwellen-Empfänger
3	Filter	10	Tonfrequenzgenerator	18	Filter
4, 5, 6	Anzeigegeräte	11	2 gekreuzte Rahmen	19, 20, 21	Anzeigegeräte
7	UKW-Empfänger	12	Umschalter	22	Langwellen-Sender
		13	Empfänger		

Abb. 7. Geräteanordnung zu einem neuen Blindlandungsverfahren.

Sobald nun das Flugzeug darüber fliegt, schaltet der Empfänger (*7*) einen Tonfrequenzgenerator (*8*) ein, dessen Frequenz wieder als Modulationsfrequenz des Senders (*22*) dient und von der Modulationsfrequenz des Senders (*1*) verschieden ist. Der Empfänger (*2*) im Flugzeug nimmt das Landezeichen auf und führt es über das Filter (*3*) an die Glimmlampe (*6*), die aufleuchtet und damit dem Piloten die Meldung zum Ansetzen zur Landung gibt. Zur Festlegung der Gleitbahn des Flugzeuges wird die Vertikalkennlinie eines Horizontaldipols ausgenutzt, an den der Empfänger (*9*) angeschlossen ist. Der Ausgang dieses Empfängers regelt die Amplitude eines Tronfrequenzgenerators (*10*), dessen Frequenz von den beiden anderen schon verwendeten abweicht. Der Tonfrequenzgenerator (*10*) moduliert wiederum den Sender (*22*), der mit dem Empfänger (*2*) empfangen wird. Das Gleitbahnzeichen gelangt dann über das Filter (*3*) an das Instrument (*5*), dessen Anzeige während des Landens konstant bleiben muß. Da aber die Entfernung vom Sender (*22*) sich während des Landens dauernd ändert, besitzt der Langwellenempfänger (*2*) eine selbsttätige Regelung, so daß die Amplitude des Rückmeldungszeichens im Flugzeug nur von dem Modulationsgrad des Senders (*22*) abhängt.

Die Überwachung des ganzen Landevorganges vom Boden aus erfolgt in einfachster Weise durch die drei Instrumente (*14*), (*15*), (*16*), die den Instrumenten (*4*), (*5*) (*6*) im Flugzeug entsprechen und im Modulationseingang des Senders (*22*) liegen. Außerdem können die Rückmeldungszeichen an das Flugzeug überwacht werden, und zwar mit dem Langwellenempfänger (*17*) mit angeschlossenem Filter (*18*) und den drei Instrumenten (*19*), (*20*), (*21*).

Digitized by Google

Durch das angegebene Blindlandungsverfahren sind also alle nur denkbaren Überwachungsmöglichkeiten und damit größte Sicherheit gegeben, wobei als besonderer Vorteil zu werten ist, daß die einzelnen Vorgänge über den normalen Verkehrssender gesendet werden können, falls die Modulationsfrequenzen für die Blindlandungszeichen so gewählt werden, daß sie die ebenfalls eingeschalteten Telegraphier- oder Sprechfrequenzen nicht stören. Ein weiterer Vorteil ist noch darin zu sehen, daß im Flugzeug nur Langwellenempfang nötig ist, also Störungen durch die Maschine sich leichter vermeiden lassen als bei UKW-Empfang. [K. Baumann u. A. Ettinger, Proc. Inst. Radio Engr. 24 (1936) S. 751.] *Mhg.*

Fernmeldetechnik.

621. 396. 029. 6 **Mikrowellenverkehr.** — Über die Erregung und Ausbreitung von Mikrowellen von etwa 17 cm Wellenlänge wird berichtet. Die Einrichtungen einer kommerziellen Verbindung zwischen zwei Flugplätzen in England und einer Versuchsstrecke über den Kanal zwischen Dover und Calais werden ausführlich beschrieben. Der Aufbau von Oszillator und Empfangsröhre entspricht dem normalen Dreielektrodenrohr. Das Steuergitter, hier als Oszillatorelektrode bezeichnet, erhält eine hohe positive Spannung, die Anode, hier Reflektor genannt, erhält schwach negatives Potential gegen die Kathode. Da die Frequenz der sich erregenden Schwingungen von den Elektrodenpotentialen abhängt, sind an die Spannungskonstanz der Stromversorgungsanlage hohe Anforderungen zu stellen. Der Wirkungsgrad des beschriebenen Mikrowellensenders ist sehr gering (Antennenleistung 0,5 W, Gitterverlustleistung 20 W, Verbrauch der Gesamtanlage 250 W). Die hohe Richtwirkung, die sich mit Mikrowellen erzielen läßt, gleicht diesen Nachteil wieder aus. Für die Abstrahlung der Mikrowellen können wie in der Kurzwellentechnik Anordnungen abgestimmter Einzeldipole verwendet werden. Naheliegend ist bei der verhältnismäßigen Kleinheit der Wellen die Verwendung der aperiodischen optischen Verfahren. Versuche mit Ebonitlinsen werden beschrieben, die eine Intensitätssteigerung von 10 db im Brennpunkt der Linse ergaben. Da Wellenlänge und Linsenöffnung jedoch immer noch von gleicher Größenordnung sind, wird das strahlenoptische Verhalten stark durch Beugungseffekte verwischt. Es liegt nahe, lediglich die Beugung zur Intensitätssteigerung und Richtung zu verwenden. Dementsprechend wurden Versuche mit der Fresnelschen Zonenlinse gemacht, die gleichfalls eine Intensitätssteigerung von etwa 10 db ergaben.

Die hinsichtlich der Ausbreitung der Mikrowellen gemachten Erfahrungen werden in folgenden Sätzen zusammengefaßt:

1. Ungestörte Ausbreitung fällt mit ungestörten atmosphärischen Bedingungen zusammen.
2. Die Absolutwerte von Druck und Temperatur scheinen keinen Einfluß auf die Ausbreitung zu haben.
3. Regen, Hagel, Schnee oder Nebel sind ohne Einfluß, ungestörte Temperatur- und Druckverhältnisse vorausgesetzt.
4. Eine Beziehung zwischen Mikrowellenausbreitung und elektrischem Zustand der Atmosphäre konnte nicht festgestellt werden.
5. Starkem Wind entsprechen meist gute Ausbreitungsverhältnisse.
6. Plötzliche Änderungen von Druck und Temperatur haben starken Schwund zur Folge. Da solche Änderungen vorzugsweise an Sommertagen eintreten, ist der Sommer schwundreicher als der Winter.
7. Während des Sommers wurde oft heftiger Schwund von sehr kurzer Dauer beobachtet (1 bis 2 min).
8. Ultrakurzwellen von 6 m Wellenlänge zeigten auf der Strecke Calais—Dover (Optischer Weg) bedeutend größere Konstanz als Mikrowellen.
9. Bemerkenswerte Unterschiede zwischen Tag und Nachtschwund sind nicht festgestellt worden. Der Schwund während der Dunkelheit scheint jedoch geringer zu sein.
10. Atmosphärische Störungen wurden nicht beobachtet. Gewitter und Motorzündungen haben gleichfalls keinen Einfluß.

Die höchste Schwundtiefe, die in mehrmonatiger Beobachtungszeit festgestellt wurde, beträgt 40 db. Die Schwunddauer schwankt zwischen 10 min und 2 h. Als Erklärung der Schwunderscheinungen wird Interferenz zwischen einem direkten und einem indirekten an der Erdoberfläche reflektierten Strahl angenommen. Der Gangunterschied zwischen beiden Strahlen ist eine Funktion des Brechungsexponenten der Atmosphäre, und damit auch von allen Größen abhängig, die den physikalischen Zustand der Atmosphäre bestimmen. Verschiedentlich konnte auch ein Einfluß der Gezeiten festgestellt werden. Der Meeresspiegel im Kanal schwankt im Verlauf eines Tages um 8 m. Am Schlusse der Arbeit werden die Verwendungsmöglichkeiten der Mikrowellen im Bildfunk, Fernsehen, auf militärischen Gebieten und im Flugfunk besprochen. [W. L. Mc. Pherson u. E. H. Ullrich, J. Instn. electr. Engr. 78 (1936) S. 629.] *Gkf.*

Allgemeiner Maschinenbau.

621. 82 : 669. 71 **Laufeigenschaften von Aluminium-Lagermetallen (Quarzal).** — Um Lagermetalle möglichst aus heimischen Werkstoffen anzufertigen, wurden Maßnahmen konstruktiver und metallurgischer Art ergriffen[1]), von denen die letzteren zu guten Ergebnissen geführt haben. Einige Aluminiumlegierungen sind nun neu hinzugekommen, die vom Verfasser auf einer Lagermetallprüfmaschine (Bauart M. v. Schwarz) auf ihre Eignung untersucht wurden[2]). Die bisherigen Aluminium-

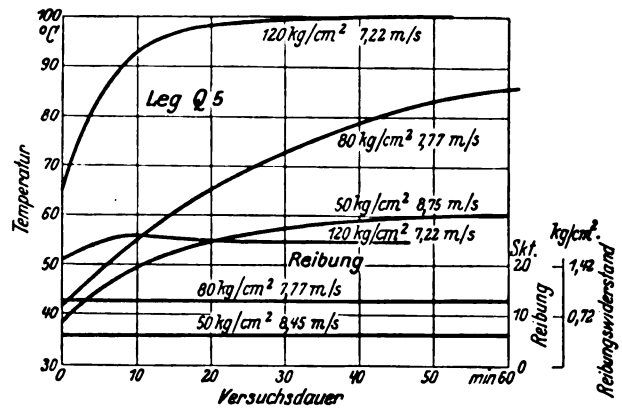


Abb. 8. Temperatur- und Reibungswerte der Q 5-Legierung während einer Versuchsdauer von 60 min.

legierungen haben sich nicht bewährt, da sie mit Silizium gehärtet waren, das harte, spröde Kristalle bildet, die herausbröckelten, als Schmirgel wirkten und zum Fressen führten. Bei den vorliegenden Q-Legierungen (Q = Quarzal) können sowohl weiche und mittelharte als auch harte Lagermetalle hergestellt werden, die vielfältigen Ansprüchen genügen. Es handelt sich um selbstveredelnde Aluminium-Kupfer-Legierungen, mit Q2 bis Q15 bezeichnet, wobei die Ziffer den Kupfergehalt angibt, die bis auf eine (Q4a) gegossen sind. Die Legierung Q4a ist heiß gepreßt und geglüht. Die Lagerschalen werden im ganzen als Guß- oder Preßstücke aus dem Metall hergestellt. Sie haben ein geringes spezifisches Gewicht, große Wärmeleitfähigkeit und niedrigen Preis und sind leicht und gut bearbeitbar. Bei Probeläufen in Pleuellagern von Zugmaschinen-Motoren und von schnellaufenden Dieselmotoren für Lastkraftwagen haben sie sich in jahrelangem Betrieb einwandfrei bewährt. Sowohl im praktischen Betrieb als auch auf dem Versuchsstand wurden die Notlaufeigenschaften als gut erkannt. Bei Lagern von Elektromotoren und von Schleifspindeln wurden ebenfalls mit Q5-Lagern recht günstige Ergebnisse erzielt, denn nach acht Monaten, bei 15 Betriebsstunden am Tage, betrug die Abnutzung nur etwa 0,01 mm. Abb. 8 zeigt die auf dem Prüfstand ermittelten Gleiteigenschaften von Q5 bei verschiedenen Belastungen und Gleitgeschwindigkeiten. In Abb. 9 sind die Endbeharrungstemperaturen dargestellt. Mit Q15 wurde als Grenzbelastung der Wert $P \cdot v = 2400\,\mathrm{kg/cm^2 \cdot m/s}$ erreicht, wobei als Welle ein geschliffener Stahlring, mit Rockwell-C-Härte 64 doppel-duro gehärtet, diente. Versuche mit anderen Wellenwerkstoffen laufen noch. Fest-

[1]) A. Erkens, Konstruktive Lagerfragen, Grundlagen und Richtlinien für die Gestaltung von Gleitlagern. Berlin: VDI-Verlag 1936.
[2]) H. Steudel, Luftfahrtforschung 13 (1936) S. 60.

Digitized by Google

gestellt ist jedoch, daß sogar der gewöhnliche unvergütete, nur gewalzte Wellenstahl gut verwendbar ist. Bei der Übertragung der Werte in die Praxis sind natürlich die Lagerbauart, die Anlage der Schmiernuten, das verwendete Schmiermittel usw. zu beachten. Der Lagerdruck kann bis über 150 kg/cm² gewählt werden, doch wird man zweckmäßig nicht über 80 kg/cm² hinausgehen[1]). Beim

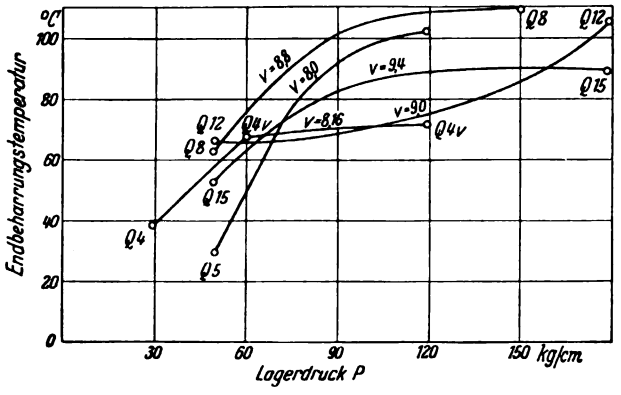


Abb. 9. Endbeharrungstemperaturen von Aluminiumlagermetallen, in Abhängigkeit von P, bei jeweils konstanter Geschwindigkeit, aufgetragen.

Einbau sind die konstruktiven Bedingungen der Gleitlager zu beachten. Besonders wichtig ist bei Q-Lagern die Wahl des richtigen Lagerspiels unter Berücksichtigung der Lagertemperatur (üblich sind 60 ° bis 80 °), da die Wärmeausdehnung nahezu doppelt so groß ist wie die von Stahl[2]). (M. v. Schwarz, Z. Metallkde. 28 (1936) S. 272.] *v. E.*

Verschiedenes.

Messehefte 1937 der ETZ.

Am 1. 3. 1937 beginnt in Leipzig die Frühjahrsmesse, die größte und wirkungsvollste Schau dessen, was die deutsche Industrie zu leisten vermag. Zahllose in- und ausländische Besucher werden wieder die Gelegenheit wahrnehmen, sich über die Fortschritte zu unterrichten und Geschäfte abzuschließen. Die über die ganze Industrie schlechthin verzweigte Elektrotechnik tritt auch in Leipzig stets machtvoll in Erscheinung, zumal in der geschlossenen Schau im „Haus der Elektrotechnik". Zur Messe erscheinen wie im Vorjahr zwei „Messehefte" der ETZ; sie sollen die Übersicht erleichtern helfen, auf besonders gute und erfolgreiche technische Lösungen hinweisen und so zur Sicherung des Messeerfolges beitragen. Wer über ein wichtiges Erzeugnis seiner Fabrikation etwas mitzuteilen wünscht, kann einen kurzen Originalbericht an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, für redaktionelle Verwertung einschicken. Berichte, die nach dem 4. 1. 1937 eingehen, können nicht mehr berücksichtigt werden.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

339 (064) **Die Kölner Ausstellung „Kampf um 1½ Milliarden".** — Ehe der neue Vierjahresplan zur Richtschnur für das deutsche Wirtschaften wurde, hatte die Messe- und Ausstellungs-Gesellschaft Köln mit den Vorarbeiten für eine Ausstellung begonnen, die als Weckruf gegen die Sachwertverluste in der Volkswirtschaft dienen sollte.

Mit zahlreichen Tagungen von Gruppen und Vereinigungen verbunden, hat die Kölner Herbstausstellung in verhältnismäßig kleinem Umfang Beispiele dafür gegeben, wo und wie Schäden entstehen, wie sie zu vermeiden sind und wo überall schon der Hebel angesetzt ist, um das Reich immer unabhängiger von dem Zwang zur Einfuhr von Lebensmitteln und Rohstoffen zu machen.

Der Ausstellung lag eine Zweiteilung zugrunde: Einbuße an Nahrungsmitteln, Haushalten mit dem täglichen Brot, das uns der deutsche Boden noch nicht in vollem Maße liefert, war die eine Seite, Verlust an technischen Sachwerten, Ersparnisse durch Austausch bisher verwendeter Werkstoffe und Herstellungsverfahren durch günstigere Verwendung von Heimstoffen an Stelle von Fremdstoffen war die andere Seite. Auch die Elektrotechnik ist an diesen Aufgaben beteiligt und muß in Zukunft mitwirken[1]).

Die Schau des Reichsnährstandes rief zum Kampf gegen pflanzliche und tierische Schädlinge, gegen die Verminderung des Ertrages und seiner Ausnutzung. Schutz gegen die Minderung oder Vernichtung der eingebrachten Ernte durch Gewitter und andere Brandursachen, Erhaltung von Nahrungsmitteln durch Ozonisierung oder Uviolbestrahlung, durch Kühlhalten oder sonstige Verfahren sind Maßnahmen, die noch immer nicht ausreichend ergriffen werden.

Der Erläuterung der Frage, wie es im Kampf gegen Verderb und Verschwendung in der Stoffwirtschaft der Technik steht, war ein besonderer Teil der Schau gewidmet. Die Folgen der Verrottung sah man z. B. an Kabeln und Kabelausrüstungen, an Freileitungen und Straßenbahnschienen durch Feuchtigkeit, Salze oder Säuren und an Rohren durch Irrströme. Daneben waren Beispiele gegeben, um solche Schäden zu vermeiden. So waren galvanisierte Gefäße und Aluminiumteile zu sehen, die auf elektrischem Wege durch eine Oxydschicht geschützt sind. Die neuzeitlichen Fertigungsverfahren besonders im Stahlbau erforderten auch neue Mittel, um Fehler im Gefüge festzustellen. Untersuchung durch Röntgenstrahlen, durch elektrische oder magnetische Durchflutung wurden hierfür zur Schau gestellt.

In der Gruppe Werkstoffersparnis wurde an Geräten, Modellen und durch graphische Darstellung gezeigt, wie man durch die Gestaltung und unter Umständen durch Wiederverwendung von Werkstoffen sparsam wirtschaften kann. Hier zeigte u. a. die Reichspostverwaltung, in welchem Maße Fernsprechgeräte und Pupinspulen durch Verbesserung der Werkstoffe und einfachere Fertigung verkleinert und verbilligt, wie durch Ausschlachten alter Geräte Sparstoffe wiederverwendet werden können. Auf Erfolge und Zukunftsaufgaben wies schließlich die Abteilung hin, die dem Austausch von Fremdstoffen durch Heimstoffe gewidmet war. Von besonderer Bedeutung ist hier die Frage, wie weit Kupfer und Kupferlegierungen durch Aluminium oder andere Metalle ersetzt werden können. Leitungen, Klemmen, Käfigläufer waren als Beispiele für diesen Austausch zu sehen. Preßstoffe treten erfolgreich an die Stelle von Sparmetallen in Dosen, Fassungen, Fernsprechgeräten u. dgl., Heimstoffe wie Papier, Kunstseide, Zellwolle werden statt Jute, Seide, Baumwolle verwendet.

Besondere Bedeutung kommt den Kunststoffen zu, die in der Ausstellung in ausgezeichneter Darbietung hervorgehoben waren. Diese Stoffe haben bereits, ihr Ursprungsgebiet elektrischer Isolierung verlassend, als Maschinenteile, als Werkstoff für ganze Maschinen, als Gehäuse mannigfachster Art, im Fahrzeugbau, in der Möbelherstellung und dem sonstigen Wohn- und Gebrauchsbedarf zahl- und erfolgreiche Anwendung gefunden. Eine der brennendsten Fragen, der Austausch des Gummis durch den aus Kohle und Kalk unter Mitwirkung des elektrischen Lichtbogens erzeugten synthetischen Kautschuk, das Buna, war in der Schau durch die Darstellung eines Herstellungsverfahrens, sowie durch die Gegenüberstellung der mechanischen, chemischen und thermischen Eigenschaften des heimischen und des fremden Stoffes einprägsam betont.

Wie den elektrischen Eigenschaften solchen Kunststoffes Rechnung zu tragen ist, wie die Starkstromtechnik im Sinne des neuen Vierjahresplanes die neu aufzuwerfende Aufgabe der Abwärmeverwertung, der Isolierung und Kühlung in ihren Anlagen meistern wird, das sind Fragen, zu denen auch die Kölner Ausstellung dem Elektrotechniker Anregungen gegeben hat. *Hnr.*

[1]) E. Falz, Masch.-Konstr.-Betr.-Techn. 11 (1935) S. 207.
[2]) E. vom Ende, Dinglers polytechn. J. 111 (1930) S. 2.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 45, S. 1304.

Digitized by Google

WIRTSCHAFTSTEIL.

Zum Festmengentarif.

Von A. Schwaiger VDE, München.

621. 317. 8

Übersicht. An Hand von Belastungsbeispielen wird untersucht, welche Festmenge ein Verbraucher vorteilhafterweise bestellen soll.

1. Allgemeines.

Die Kosten K (Rpf) für die aus einem Netz entnommene elektrische Energie setzen sich zusammen aus den Leistungskosten $y L_0$ und den Arbeitskosten $x A$, wobei L_0 (kW) die in Anspruch genommene Leistung des Kraftwerkes, y (Rpf/kW) die sog. Kapitalkosten des Kraftwerkes, A (kWh) die aus dem Netz entnommene Arbeit und x (Rpf/kWh) die sog. Betriebskosten für die Erzeugung von 1 kWh bedeuten. Es ist also

$$K = A\,x + L_0\,y \quad \text{in Rpf.} \tag{1a}$$

Die Belastung L_0 ist aber meist nicht gleichbleibend, sondern stark veränderlich. Die höchste vorkommende Leistung, mit welcher der Verbraucher das Kraftwerk beansprucht, sei L (kW); im übrigen möge die Belastung zwischen Null und L schwanken.

Die Frage lautet nun, welcher Wert von L_0 in diesem Fall für die Berechnung der Leistungskosten maßgebend sein soll.

Diese Frage soll durch den Festmengentarif einer Lösung zugeführt werden. Danach soll es dem Verbraucher überlassen bleiben, die Belastung $L_0 = \beta L$, für welche die Leistungskosten zu bezahlen sind, selbst zu bestimmen; er soll die ihm geeignet erscheinende Leistung βL beim Kraftwerk sozusagen bestellen. Man nennt deshalb βL die „bestellte Leistung". Dabei wird aber dem Verbraucher eine Bedingung auferlegt: Schaltet er mehr ein als βL, dann muß er für die Überschreitung einen Zuschlag bezahlen.

Man sollte nun erwarten, daß dieser Zuschlag nach der Leistung ($L - \beta L$) berechnet wird. Das ist aber nicht der Fall. Merkwürdigerweise soll der Zuschlag von einem Teil der entnommenen Arbeit abhängig gemacht werden, indem der Verbraucher für jede kWh, die er während der Dauer der Überlastung aus dem Netz entnimmt, neben den x Rpf noch z Rpf zu zahlen hat.

Bezeichnet man die während der Überlastung entnommene Arbeit mit A', so geht für den Fall des Auftretens einer Überlastung die Formel (1a) über in

$$K = A\,x + \beta L\,y + A'\,z \quad \text{in Rpf.} \tag{1b}$$

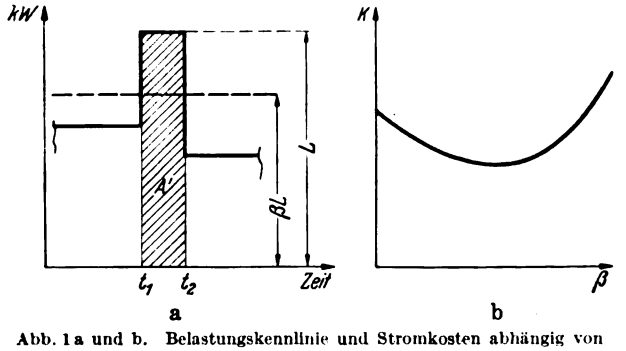


Abb. 1a und b. Belastungskennlinie und Stromkosten abhängig von der bestellten Leistung.

In Abb. 1a bedeutet die dick ausgezogene Linie einen Ausschnitt der Tagesbelastungskurve eines Verbrauchers. Die Überschreitung der Leistung βL findet während der Zeit $(t_2 - t_1)$ statt. Die gestrichelte Fläche stellt dann die Arbeit A' dar.

Auf den ersten Blick ist man geneigt anzunehmen, daß sich für die Abhängigkeit der Kosten K von der bestellten Leistung βL für eine bestimmte Arbeitsmenge eine Linie nach Abb. 1b mit einem ausgeprägten Kleinstwert ergibt.

Im folgenden soll die Frage nach der günstigsten bestellten Leistung näher untersucht werden. Das Ergebnis ist für jeden wichtig, der vor die Frage gestellt ist, ob er den Festmengentarif annehmen will und wie groß er dann die bestellte Leistung wählen soll.

Bei der Untersuchung gehen wir von möglichst einfachen Fällen aus, die aber so gewählt sind, daß sie auch in Wirklichkeit auftreten können.

2. Einfache Belastungsformen.

a) Die rechteckige Belastungsform (Abb. 2). Dieser Verbraucher entnimmt im Tag die Arbeit $A = L\,d$ (kWh), wobei d die Einschaltdauer bedeutet.

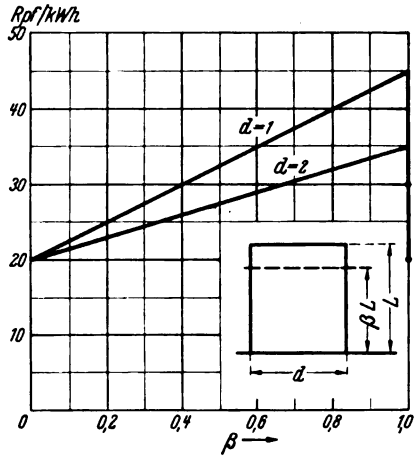


Abb. 2. Rechteckige Belastung.

Hat der Verbraucher nur die Leistung βL bestellt, dann wird die Arbeit A' offenbar immer gleich A, d. h. auf die ganze Arbeit werden dann zusätzliche Kosten geschlagen. Gl. (2) lautet für diese Belastungsform

$$K = A\,x + \beta L\,y + A\,z. \tag{2'}$$

Für K kann man setzen $k A$ oder $k L d$; k ist dann der Durchschnittspreis für eine entnommene kWh. Man erhält dann

$$k = x + \frac{\beta}{d}\,y + z. \tag{2}$$

In dieser Gleichung kommt der Absolutwert von L und A nicht mehr vor; man kann deshalb allgemeine Betrachtungen daran anknüpfen.

Die Gl. (2) stellt ein Geradenbüschel dar mit dem Büschelpunkt auf der Ordinatenachse. In Abb. 2 ist $x = 5$, $y = 30$ und $z = 15$ angenommen.

β kann alle Werte von Null bis 1 annehmen. Für $\beta = 1$ hat man $z = 0$ zu setzen, weil die ganze Leistung L zur bestellten Leistung wird, eine Überlastung also nicht beabsichtigt ist. Wird aber bei $\beta = 1$ die Leistung L auch nur um den Betrag ΔL überschritten, wobei ΔL entsprechend der Genauigkeit der eingebauten Meßinstru-

Digitized by Google

mente zu 0,01 L angenommen werden kann, dann verschwindet z nicht. Für $\beta = 1$ erhalten wir also zwei Werte.

Wir setzen $\beta = 0$ und $\beta = 1$ in Gl. (2) ein und erhalten für k

$$k_0 = x + z; \quad k_1 = x + \frac{1}{d}\, y; \quad \text{bzw. } k_1' = x + \frac{1}{d}\, y + z. \quad (2'')$$

Nehmen wir an, bei $\beta = 1$ werde die Leistung L nicht überschritten, dann kann $k_0 = k_1$ werden. Durch Gleichsetzen der beiden entsprechenden Gleichungen findet man, daß dies bei

$$d = d_k = \frac{y}{z}$$

der Fall ist. Wir nennen d_k die kritische Einschaltdauer; bei dieser wird der Preis der kWh bei $\beta = 0$ und bei $\beta = 1$ gleich groß. Wird die kritische Einschaltdauer überschritten, dann ist es günstiger, $\beta = 1$ für die bestellte Leistung anzumelden. Jedoch besteht hier die Gefahr, daß der Preis für die kWh um den Betrag z (Rpf) in die Höhe schnellt, wenn L um 1 % überschritten wird.

b) Die dreieckige Belastungsform (Abb. 3). Die Fläche A' ist hier

$$A' = 2\, b\, \beta\, L + b\,(L - \beta\, L).$$

Für die Basis b ergibt sich aus Abb. 3

$$b = \frac{L\,(1-\beta)}{\operatorname{tg}\alpha};$$

für $\operatorname{tg}\alpha$ kann man schreiben

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{L}{d/2};$$

dies alles in die Gleichung für A' eingesetzt, ergibt nach einigen Umformungen

$$A' = \frac{d}{2}\,(1 - \beta^2)\, L.$$

Die Gl. (2) lautet also in diesem Fall

$$K = k\,A = A\,x + \beta\, L\, y + \frac{d}{2}\,(1 - \beta^2)\, L\, z. \quad (3')$$

Nun ist A gleich dem Inhalt des ganzen Dreiecks ($= \frac{1}{2}\, d\, L$); es ergibt sich also für k:

$$k = x + 2\,\frac{\beta}{d}\, y + (1 - \beta^2)\, z. \quad (3)$$

Die Kurven dieser Gleichung sind in der Abb. 3 dargestellt.

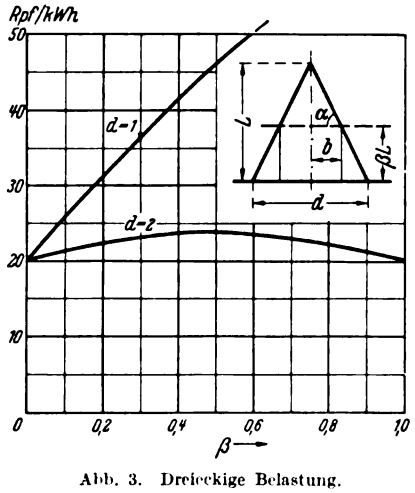


Abb. 3. Dreieckige Belastung.

Für die Fälle $\beta = 0$ und $\beta = 1$ erhält man die durchschnittlichen Preise k_0 und k_1 zu

$$k_0 = x + z; \quad k_1 = x + \frac{2}{d}\, y;$$

$k_0 = k_1$ gesetzt ergibt

$$d = d_k = 2\,\frac{y}{z}.$$

Für $d < d_k$ hat man $\beta = 0$, für $d > d_k$ hat man $\beta = 1$ anzumelden. Die kritische Einschaltdauer ist bei der dreieckigen Belastungsform doppelt so groß wie bei der rechteckigen. Auch hier darf bei $\beta = 1$ keine Überlastung auftreten, weil sonst der Preis um z (Rpf) je kWh springt.

3. Zusammengesetzte Formen.

a) Rechteck und Dreieck nebeneinander (Abb. 4). Vor die rechteckige Belastung ist ein „Anlauf" mit der Dauer a_1 und hinter die rechteckige Belastung ein „Auslauf" mit der Dauer a_2 geschaltet. Wir setzen der Einfachheit halber $a_1 = a_2 = a$.

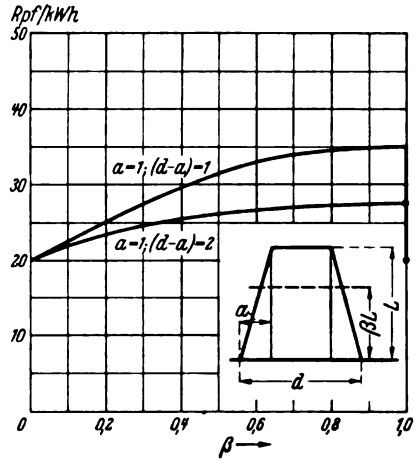


Abb. 4. Rechteckige Belastung mit „An- und Auslauf".

Auf die Durchführung der Rechnung im einzelnen kann nun verzichtet werden. Das Ergebnis lautet

$$k = x + \frac{\beta}{d-a}\, y + \left(1 - \frac{a\,\beta^2}{d-a}\right) z. \quad (4)$$

Die Kurven dieser Gleichung sind in Abb. 4 dargestellt; a ist hierbei zu 1 Stunde gewählt.

Für die bekannten Grenzfälle erhält man

$$k_0 = x + z; \quad k_1 = x + \frac{1}{d-a}\, y;$$

daraus

$$(d - a) = (d - a)_k = \frac{y}{z}.$$

Ist $(d - a)$ kleiner als der kritische Wert, dann hat man $\beta = 0$, im anderen Fall $\beta = 1$ anzumelden.

b) Dreieck über Rechteck (Abb. 5). In diesem Fall erhält man für k zwei Gleichungen, je nachdem ob β größer oder kleiner als λ ist. λ soll angeben, welcher Teil der Belastung L auf die Höhe des Rechtecks entfällt. Die Rechnung ergibt

$$k = x + \frac{2\cdot\beta}{d\,(1+\lambda)}\, y + z; \quad \text{Geltungsbereich } \beta \leqq \lambda; \quad (5\lambda)$$

$$k = x + \frac{2\cdot\beta}{d\,(1+\lambda)}\, y + \frac{1-\beta^2}{1-\lambda^2}\, z; \quad \text{„} \quad \beta \geqq \lambda; \quad (5\beta)$$

Abb. 5 zeigt die Kurven dieser Gleichungen; hierin ist λ zu 0,6 gewählt.

Die Grenzfälle $\beta = 0$ und $\beta = 1$ ergeben die Bedingungsgleichung

$$2\,\frac{y}{z} = [d\,(1+\lambda)]_k$$

Hier kommt es also noch auf die Unterteilung der Leistung für das Rechteck und Dreieck an. Ist $d\,(1 + \lambda)$

Digitized by Google

kleiner als der kritische Wert, dann hat man $\beta = 0$, im anderen Fall $\beta = 1$ anzumelden.

c) Rechteck über Rechteck (Abb. 6). Auch hier erhält man wieder zwei Gleichungen, nämlich

$$k = x + \frac{\beta}{a + \lambda(d - a)}\, y + z; \text{ Geltungsbereich: } \beta \leq \lambda \qquad (6\lambda)$$

$$k = x + \frac{\beta}{a + \lambda(1 - a)}\,(y + a\,z); \text{ Geltungsbereich: } \beta \geq \lambda; \qquad (6\beta)$$

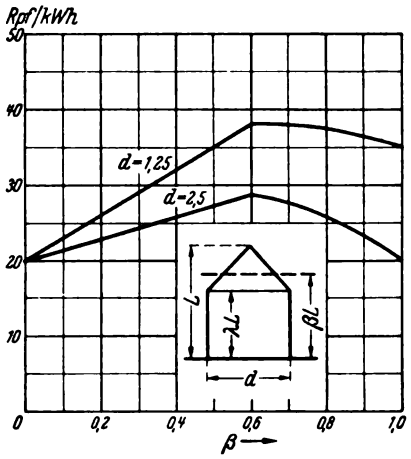


Abb. 5. Rechteckige Belastung mit Dreieck-Spitze.

Abb. 6 zeigt die Kurven dieser Gleichungen; hierbei ist λ zu 0,5, d zu 3 und a zu 1 Stunde gewählt. Wir haben jetzt 3 Grenzfälle k_0, k_λ ($\beta = \lambda$) und k_1 zu unterscheiden.

Wenn

$$\frac{y}{z} = \left[\frac{\lambda}{\lambda d + a(1 - 2\lambda)}\right]_k,$$

kann man für β den Wert Null oder λ wählen. Ist der Klammerausdruck größer als der kritische Wert, dann ist $\beta = \lambda$ günstiger als $\beta = 0$.

Wenn

$$\frac{y}{z} = [a(1 - \lambda) + \lambda d]_k,$$

dann ist $\beta = 0$ und $\beta = 1$ gleich günstig. Wird der Klammerausdruck kleiner als der kritische Wert, dann wählt man $\beta = 0$, im anderen Fall $\beta = 1$, jedoch voraus-

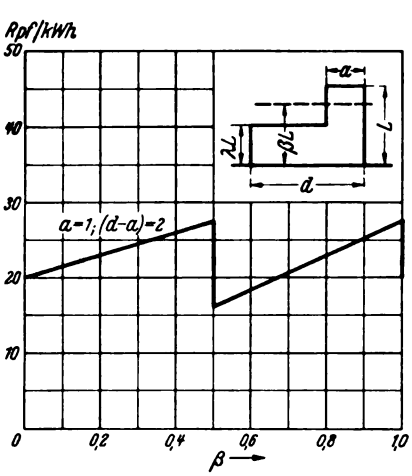


Abb. 6. Rechteckige Belastung mit rechteckigem Belastungsstoß.

gesetzt, daß $\beta = \lambda$ nicht noch günstiger ist. Für kleine Werte von d, a und λ kommt man auch hier immer zu $\beta = 0$. In dem durch die Abb. 6 dargestellten Beispiel sind die Verhältnisse so gewählt, daß $\beta = \lambda$ den niedrigsten Preis für die kWh ergibt.

Dies ist der erste Fall unter den hier behandelten, daß k für einen Wert von β, der zwischen 0 und 1 liegt, am günstigsten wird. Jedoch sind Kurven mit so scharf ausgeprägten Kleinstwerten nicht sehr erfreulich: Nehmen wir an, der Verbraucher würde für β nicht den günstigsten Wert (hier 0,5), sondern einen etwas geringeren Wert anmelden, so müßte er diesen Irrtum mit einem um etwa 12 Rpf höheren Preis je kWh büßen; denn statt 16,25 Rpf hätte er 27,5 Rpf je kWh zu bezahlen. Ein Irrtum nach der anderen Seite würde sich allerdings nicht so schlimm auswirken.

Man kann fragen, ob solche einfache Belastungskennlinien, wie sie hier behandelt werden, praktisch vorkommen. Diese Frage ist zum mindesten für Haushalte mit elektrischer Küche und elektrischen Wärmespeichern zu bejahen.

d) Beliebige Belastungsformen. Nach der Behandlung dieser Grundformen kann man das ganze Gebiet überblicken. Ist die Form der Belastung gestaltreicher als die behandelten Fälle, so kommt es bei der Wahl von β auf die Werte von λ_1, λ_2, ... und a_1, a_2, ... und von d an. Es macht keine Schwierigkeiten, auch solche Fälle durchzurechnen. Man kann sogar ein graphisches Verfahren angeben, mit dessen Hilfe solche Rechnungen außerordentlich einfach werden.

Solche Untersuchungen führen zu dem Ergebnis, daß der Linienzug noch mehr Zacken aufweist, als in der Abb. 6 gefunden worden ist, und dann können sich für die Abhängigkeit der Kosten k von der Festmenge βL Kurven von der Form der Abb. 1 b mit darüber gelagerten sägeblattähnlichen Zacken ergeben.

Es soll jedoch davon Abstand genommen werden, auch solche Fälle zu untersuchen. Nehmen wir an, eine Tagesbelastungskurve verlaufe sehr unregelmäßig und weise viele aufgesetzte Spitzen, Rechtecke usw. auf. Wohl kann man auch für diese Belastungskurve das günstigste β berechnen. Wer aber kann dafür Gewähr leisten, daß sich eine solche Tagesbelastungskurve auch nur an wenigen Tagen in der gleichen Form wiederholt? Gerade die von den einfachen Formen abweichenden Belastungskurven sind hinsichtlich ihres Verlaufes von sehr vielen Zufälligkeiten abhängig, für welche man keine Regeln und Gesetze angeben kann. Die Wahl eines Wertes für β kann sich deshalb an einem bestimmten Tag vielleicht günstig auswirken, an anderen Tagen aber dafür um so ungünstiger sein.

Die Untersuchungen wurden nur für Tagesbelastungskurven durchgeführt. Es steht natürlich nichts im Wege, den Berechnungen geordnete Jahresbelastungskurven zugrunde zu legen. Diese weisen im allgemeinen einfache Formen auf, welche man leicht durch übereinandergelagerte, langgestreckte Rechtecke und Dreiecke ersetzen kann.

Im übrigen dürfte es sogar unter den Elektrotechnikern nur wenige geben, welche die Tagesbelastungskennlinien, geschweige denn die Jahresbelastungskennlinien ihres eigenen Haushaltes auch nur einigermaßen mit Sicherheit angeben können, so daß selbst uns die Wahl der richtigen Festmenge sehr schwer fallen würde.

4. Zusammenfassung.

Von der Verbraucherseite aus gesehen empfiehlt sich die Anwendung des Festmengentarifes nur bei einfachen Belastungsformen und wenn Sicherheit vorhanden ist, daß sich diese Formen regelmäßig wiederholen. Im allgemeinen wird dann entweder die volle Leistung L als bestellte Leistung angemeldet ($\beta = 1$), oder aber es wird auf die Anmeldung einer bestellten Leistung verzichtet ($\beta = 0$). Der letztgenannte Fall dürfte immer auftreten, wenn die Belastungsdauer kürzer als etwa 2 bis 3 Stunden ist.

Von der Lieferseite (Kraftwerk) aus gesehen, liegen die Verhältnisse so: Der Sinn des Höchstmengen-

Digitized by Google

tarifes ist, das Kraftwerk von unvorhergesehenen und unkontrollierbaren Spitzen zu befreien. Je größer die Belastungsstöße sind, um so unangenehmer wirken sie sich auf das Kraftwerk aus. Bei einem gegebenen Verbrauch sind aber die Belastungsspitzen um so höher, je kürzer die Einschaltdauer ist. Also, so kann man jetzt sagen, die kurzzeitigen Einschaltzeiten sind für das Kraftwerk lästig. Deshalb müssen auch solche Verbraucher hinsichtlich des Preises für die kWh stärker belastet werden, da sie die Einrichtungen des Kraftwerkes stärker beanspruchen. Nun haben die durchgeführten Berechnungen ergeben, daß es sich bei kleinen Einschaltzeiten d empfiehlt, keine bestellte Leistung anzumelden, da hier die Wahl von $\beta = 0$ am günstigsten ist. Es tritt also gerade das Gegenteil von dem ein, was man vom Höchstmengentarif erwartet: Erstens gewinnt man im Kraftwerk auch beim Festmengentarif keine Kontrolle über die Zeit, Dauer und Größe der Belastungsstöße, die kürzer als etwa 2 bis 3 Stunden dauern. Zweitens werden die Verbraucher mit kurzen Belastungsspitzen tariflich nicht erfaßt; sie kommen hinsichtlich des Preises für die kWh besser weg, als sie es verdienen oder sogar als die von ihnen im Kraftwerk verursachten Selbstkosten betragen. Dies gilt hauptsächlich für Großverbraucher.

Wenn man Maßnahmen zur Unterdrückung von Belastungsstößen treffen will, darf man nicht vergessen, daß Kleinverbraucher mit kurzen Belastungszeiten für das Kraftwerk nicht unerwünscht sind, wenn sie in Gruppen auftreten; denn je kürzer die Einschaltdauer des Gruppenteilnehmers im Vergleich zur möglichen Einschaltzeit der Gruppe ist, um so besser ist der Belastungsausgleich für das Kraftwerk.

---

621. 364. 6. 003. 1 **Verbrauch elektrischer Energie in schweizerischen Haushaltungen, Hotels, Restaurants, Bäckereien und Konditoreien im Jahre 1935.** — Auch im vergangenen Jahre hat der Verband Schweizer Elektrizitätswerke in gewohnter Weise eine Befragung über die Verbreitung von Elektrowärmegeräten und über den Verbrauch elektrischer Energien durchgeführt, an der 248 Werke beteiligt waren, die etwa 85,5 % der Landesbevölkerung mit Strom versorgen. Die Zahl der elektrischen Geräte hat im vergangenen Jahre wieder wesentlich zugenommen. Zahlentafel 1 zeigt die Entwicklung in den letzten fünf Jahren.

Zahlentafel 1.

Geräteart	Zahl der Geräte				
	1931	1932	1933	1934	1935
Haushaltherde . .	62 700	71 000	77 400	85 500	92 700
Großküchenherde.	1 650	1 950	2 450	2 760	3 090
Heißwasserspeicher	96 000	112 000	123 000	136 000	146 500
Futterdämpfer . .	2 020	2 080	2 140	2 150	2 170
Kleingeräte . . .	770 000	823 000	872 000	925 000	995 000
Kleinmotoren . .	94 000	107 000	120 000	136 000	152 000
Glühlampen . . .	8 200 000	8 600 000	9 000 000	9 400 000	9 800 000
Backöfen in Bäckereien . .	328	338	349	352	369
Backöfen in Konditoreien. .	342	295	457	519	599

Am stärksten entwickelten sich die Großküchen, am schwächsten die Futterdämpfer. Das sehr umfangreiche statistische Material enthält auch interessante Angaben über die Höhe des Stromverbrauchs und die Jahreseinnahmen der Elektrizitätswerke. Für die bekanntesten Elektrowärmegeräte sind diese Zahlen in Zahlentafel 2 zusammengefaßt.

Zahlentafel 2.

Geräteart	mittlerer Anschlußwert kW	Jahresstromverbrauch kWh	Strompreis Rpf je kWh*)
Haushaltherde . . .	4,59	1 241	5,35
Großküchenherde . .	11,00	5 990	4,68
Heißwasserspeicher .	1,385	1 857	3,00
Futterdämpfer . . .	2,38	2 540	3,06
Bäckereiöfen	41,3	74 500	2,51
Konditoreiofen. . . .	12,00	14 520	3,53

*) 100 Schweiz. Fr. = 81 RM.

Es ist ferner beachtenswert, daß der Anteil des Herd- und Speicherstromverbrauchs am gesamten Haushaltsstromverbrauch in fünf Jahren von 56,7 % auf 61,3 % gestiegen ist. Die Strompreise haben auf allen Gebieten eine langsame Senkung erfahren. So ist der Durchschnittsstrompreis für Kochen in fünf Jahren von 5,71 auf 5,35 Rpf je kWh gesunken. Für einen vierköpfigen Haushalt rechnet man bei dem bisher üblichen Stromverbrauch mit einem mittleren Jahresstromverbrauch von 718 kWh, während ein vollelektrisierter Haushalt etwa 3500 kWh abnimmt. Es folgen schließlich Untersuchungen über die Abhängigkeit des Stromverbrauchs von den eingeräumten Energiepreisen, die jedoch nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen werden können. [Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 533.] *Mö.*

Metallpreise im 1. Halbjahr 1936[1]**).** — Nachdem sich bereits Ende des vorigen Jahres eine leichte Abschwächung angebahnt hatte, gab die internationale Preisentwicklung für Blei, Zink und Zinn Anfang 1936 weiter nach. Die im Frühjahr bei belebten Umsätzen durchgreifende Verbesserung (s. Abb. 1) beruhte vornehmlich auf jahreszeitlichen Einflüssen (Bauwirtschaft) und einer zuverlässigen Beurteilung der weltwirtschaftlichen Weiterentwicklung. Währungsunsicherheit und die Arbeitsunruhen in Frankreich und Belgien, sowie die Auswirkungen der vorgenommenen Voreindeckungen beendeten jedoch im Frühsommer größtenteils den Preisaufbau wieder. Lediglich Kupfer überstand die allgemeine Schwächung zu Jahresbeginn ohne nennenswerte Einbußen, erreichte bereits im März den Höchststand des Vorjahres und erzielte bis Mitte 1936 erneut eine, nur geringfügig unterbrochene, Preisaufbesserung. Die Weltvorräte an Kupfer, Blei, Zink und Zinn waren um rd. ein Sechstel niedriger als im Vorjahr.

Obwohl sich die Verarbeitung von Kupfer weiterhin auf gutem Stand hielt, fehlten im Januar stärkere Anregungen. Befestigend wirkten später der Fortgang der Kraftfahrzeugkonjunktur und die Belebung der Bauwirtschaft. Einer Mitte Februar überraschend vorgenommenen Erhöhung des amerikanischen Kupferpreises schlossen sich andere Kupfererzeuger nicht an, so daß sich eine zeitweise Marktteilung herausbildete. Stärkere Anregungen ergaben sich später aus den Neuinvestitionen in den Elektrizitätswirtschaften. — In der Preisentwicklung von Blei und Zink hielt die schwache Marktlage bis Ende Januar an, wobei Zink wesentlich stetiger lag als Blei. Dieses Metall wurde durch die Unsicherheit der Silbermärkte ungünstig beeinflußt. Belebte Nachfrage und wachsende Umsätze leiteten Anfang Februar für beide Metalle einen Preisanstieg ein, der bis in den April hinein anhielt. In den V. S. Amerika trat namentlich die Kabelindustrie als spürbarer Käufer auf. Diese verarbeitet bekanntlich Kupfer und Blei. Obgleich die gesamte Lage der Weltzinkwirtschaft kartellfördernder Umstände nicht entbehrte, zeitigte die Ungewißheit über das Zustandekommen eines neuen Zinkkartells überwiegend Zurückhaltung. Der noch im April einsetzende Preisabstieg dieser Metallgruppe erklärt sich aus dem Marktdruck, der während jener Wochen auf den Warenmärkten allgemein zu beobachten war. — Bei Zinn dagegen hängt die etwas eigenartige Marktentwicklung größtenteils mit den internationalen Kartellierungsfragen zusammen. Nach dem stetigen Nachgeben der Zinnpreise während des Januars bahnte sich ein allmählicher Preisanstieg an, der sich zunächst auf eine Herabsetzung der Ausfuhrquoten stützte und schließlich durch die günstige Beschäftigung der Weißblechindustrien emporgetragen wurde. Die Stellung von Bolivien und Siam im Restriktionsabkommen und die Frage der Quotenunterschreitung haben dann allerdings gegen Ende Juni einen Preisstand herbeigeführt, der um 13 % unter dem der ersten Maitage lag.

Die übrigen Metalle wurden ebenfalls von der wechselvollen Lage der Hauptmetalle berührt. Die Londoner Notierung für Antimon, im Oktober 1935 einmal 81 £ 2 s je 1 tg betragend, ging anhaltend zurück und stellte sich im

[1]) S. a. ETZ 57 (1936) S. 663.

Digitized by Google

Juni auf 67 £. Auch bei Cadmium sanken die Preise überwiegend. Den wechselvollsten Preisverlauf der Gruppe hatte Quecksilber. Preisaufbesserungen und -abschläge

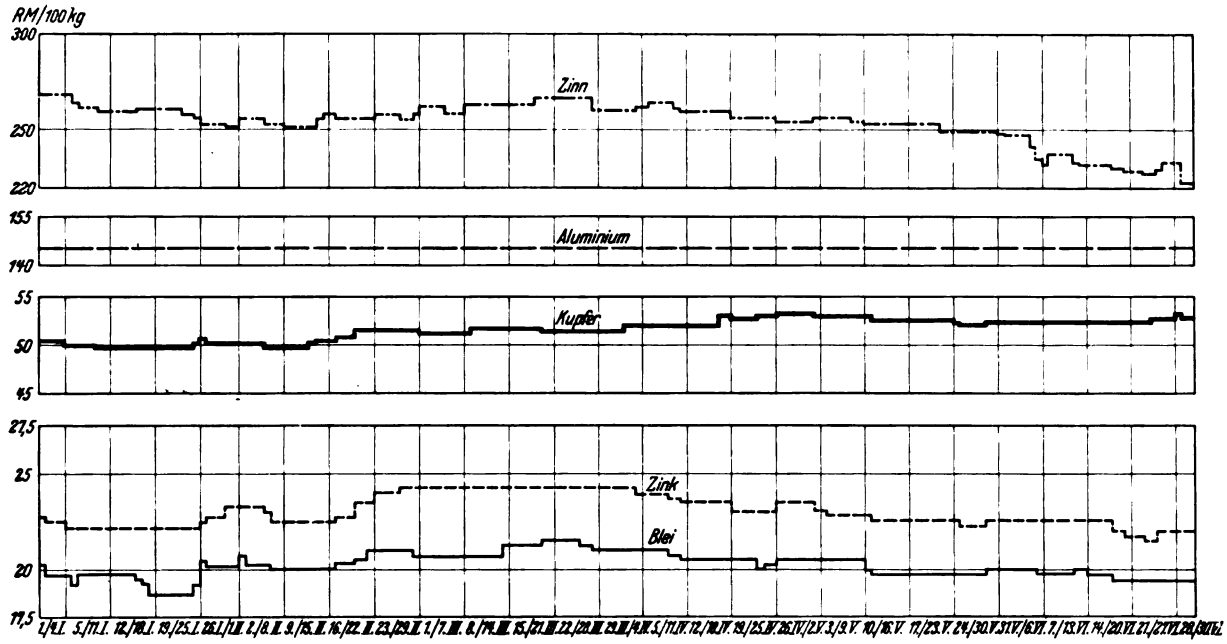


Abb. 1. Metallpreise im 1. Halbjahr 1936.

lösten einander ab; der Junistand war niedriger als zu Beginn der Berichtszeit. Die Notierungen von Nickel und Aluminium blieben unverändert. *Sps.*

621. 3. 003 (81) **Brasilien als Absatzmarkt für elektrotechnische Haushaltgeräte.** — Unter den ausländischen Absatzmärkten der deutschen Elektro-Industrie haben die außereuropäischen Gebiete in den letzten Jahren steigende Bedeutung erlangt. Nächst Asien ist Südamerika der größte Abnehmer. Hier zeigt besonders Brasilien, das 1935 mit einer Aufnahme elektrotechnischer Erzeugnisse im Werte von rd. 6 Mill RM[1]) — gegen 1,6 Mill RM 1932 — der zweitgrößte Käufer nach Argentinien war, eine ständig zunehmende Einfuhr. Brasilien bietet für bestimmte elektrotechnische Haushaltgeräte gute Absatzmöglichkeiten. Vor allem sind Luxusausführungen begehrt oder solche Gegenstände, die den Haushaltungsangehörigen unmittelbar Annehmlichkeiten bereiten, wie Rundfunkgeräte, Kühlschränke, Bohnermaschinen. Über die einheimische Erzeugung von elektrischen Haushaltgeräten liegen Zahlen nur für den Staat Sao Paulo für das Jahr 1934 vor. Von neun Firmen mit 300 bis 400 Angestellten wurden 411 Kühlschränke, 2600 Rundfunkempfänger, 5000 Bügeleisen, 2133 Kochplatten und 1264 Wasserkocher hergestellt. In Rio de Janeiro betreibt einer der bedeutendsten amerikanischen Hersteller von elektrotechnischen Erzeugnissen aller Art eine große Fabrik, die weitgehend den örtlichen Markt beliefert. Mit den Angeboten einheimischer Fabrikanten wetteifern ausländische Firmen, die in Brasilien Verkaufsstellen mit Ausbesserungswerkstätten unterhalten. Die erwähnte amerikanische Firma verkauft in eigenen Läden direkt an die Kundschaft. Die anderen Firmen befolgen dasselbe Geschäftsverfahren. Die Einfuhr von Bügeleisen belief sich 1933 auf 33 800 kg gegen 27 400 kg im Jahre 1934. Der Hauptlieferant mit 16 300 kg war Deutschland, es folgten die V. S. Amerika, Großbritannien, Italien, Japan, Norwegen und Schweden. Die im Lande hergestellten elektrischen Bügeleisen im Gewicht von 2,7 kg mit 200 Watt-Elementen werden zu einem Kleinhandelspreis von 5 RM bis zu 7,60 RM verkauft, während der Preis für die eingeführten Bügeleisen zwischen 12,50 RM für die einfache Ausführung und 22 RM für die Geräte mit selbsttätiger Temperaturregelung schwankt. Elektrische Lüfter werden zahlreich in Gaststätten, Werkstätten, Büros und Theatern gebraucht, aber die Stromkosten begrenzen ihre Verwendung im privaten Haushalt. Amerikanische, deutsche, britische und italienische Gesellschaften unterhalten Läger in allen Ausführungen und Größen von Lüftern. Kleine Kochplatten mit einem Heizelement sind ziemlich verbreitet in Brasilien. Sie erfreuen sich nächst dem Bügeleisen des größten Umsatzes. Eine im Lande selbst hergestellte Kochplatte mit einem Durchmesser von 120 mm und einem 450 Watt-Element hat einen Kleinhandelspreis von 2,50 RM, eine Zwei-Element-Kochplatte von 16 RM. Der Zoll auf Kochplatten beträgt 1,25 RM je kg. Die Kaffeebereitung erfolgt in Brasilien nach wie vor mit Hilfe eines Tropfbeutels. Dieses Verfahren wird gegenüber der elektrischen Kaffeemaschine bevorzugt, die deshalb auch nur wenig eingeführt wird. Für elektrische Herde ist Brasilien kein günstiger Markt. In den größeren Städten steht Gas zur Verfügung, das zum Kochen billiger als elektrischer Strom ist. Deutsche und amerikanische Firmen haben wiederholt Werbeversuche unternommen, aber jedesmal mit nur geringem Erfolg. Die besten Absatzmöglichkeiten von elektrischen Geräten für den Haushalt haben wohl nächst dem Rundfunkempfänger die Kühlschränke. Die Einfuhr an Kühlschränken, die 1933 185 000 kg betrug, war 1934 auf 719 000 kg gestiegen. Den Hauptanteil hatten die V. S. Amerika. Nach der brasilianischen Statistik war die Einfuhr aus Nordamerika von 360 000 RM im Jahre 1933 auf 1 340 000 RM im Jahre 1934 gestiegen. Die Einfuhr aus Deutschland belief sich 1934 dagegen nur auf 40 000 RM. In Rio de Janeiro gibt es zwei einheimische Kühlschrankfabriken, deren Erzeugnisse sich wachsender Beliebtheit erfreuen. Die Nachfrage nach arbeitsparenden Haushaltgeräten, unter denen Staubsauger und Bohnermaschinen an der Spitze stehen, ist verhältnismäßig gering. Am ehesten sind noch Bohnermaschinen begehrt, da besonders wegen der Insekten und der Hitze gebohnerte Fußböden allgemein gebräuchlich sind. Hauptsächlich sind die Fabrikate einer schwedischen Firma auf dem Markt, die direkt an die Benutzer mit langem Ziel zu einem Preis von rd. 130 RM verkauft. Für elektrische Waschmaschinen sind die Geschäftsaussichten sehr gering. In Brasilien wird allgemein mit der Hand gewaschen. Es gibt verhältnismäßig wenige Waschanstalten, aber eine große Zahl sehr billig arbeitender Waschfrauen. Wie schon gesagt, bestehen für Rundfunkgeräte die besten Absatzmöglichkeiten in Brasilien. Die Einfuhr von Rundfunkgeräten belief sich 1933 auf 431 000 kg und stieg im folgenden Jahr auf 680 000 kg. Die V. S. Amerika bestritten 75 % der Gesamteinfuhr. Mehr als die Hälfte der restlichen Einfuhr entfällt auf Großbritannien und Holland, das 1934 wiederum doppelt soviel Rundfunkgeräte wie Großbritannien nach Brasilien abgesetzt hat. Die Einfuhr aus Deutschland ist gering, hat aber von 1933 auf 1934 erheblich zugenommen. Die Preise der verschiedenen Verkäufer sind zum Teil ziemlich ausgeglichen. Eine holländische Firma verlangt für ein 6-Röhren-Gerät einen Kleinverkaufspreis von 180 RM, eine englische Firma für ein 5-Röhren-Gerät 170 RM. Amerikanische Firmen verkaufen 6-Röhren-Geräte zu 225 RM. Der brasilianische Markt für Rundfunkgeräte ist vom Sättigungspunkt noch weit entfernt und Neuanschaffungen übertreffen noch bei weitem den Ersatzbedarf. [Elektr. Rev., Lond., 118 (1936) S. 357.] wt.

[1]) 1 £ = 12,20 RM.

Digitized by Google

Handelsregistereintragungen. — Kabel- und Gummi-Vertriebsgesellschaft m. b. H., Vohwinkel (100 000 RM): Vertrieb von Kabel-, Gummi- und Elektroleitungen aller Art im großen. — „Lianak" Akkumulatoren G. m. b. H., Frankfurt a. M. (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Akkumulatoren, Beteiligung an ähnlichen Unternehmungen usw.

WIRTSCHAFTSSTATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Beschäftigung der deutschen Elektroindustrie im 3. Vierteljahr 1936. — Im Wechsel der jahreszeitlichen Produktionsveränderungen haben die Herbstmonate für Auftragseingang und Beschäftigung der deutschen Elektroindustrie einen neuen Höchststand gebracht (Zahlentafel 1). Nachdem die Aufwärtsbewegung in den ersten Monaten des laufenden Jahres zum Stillstand gekommen war und auch das 2. Vierteljahr 1936 nur eine leichte Besserung zeigte, hat sich während der Berichtszeit in den verschiedensten Fabrikationsgebieten eine kräftige Steigerung durchgesetzt. So sind gegenwärtig wieder über 300 000 Menschen in der deutschen Elektroindustrie beschäftigt. Die Ausnutzung aller vorhandenen Arbeitsplätze ist in der Berichtszeit auf 79,2 % gestiegen gegenüber 73,8 und 71,5 % in den beiden Vorvierteljahren. Infolge der Facharbeiterknappheit mußte gleichlaufend hierzu die tägliche Arbeitszeit erhöht werden, so daß unter Berücksichtigung dieser Umstände das Arbeitsvolumen noch wesentlich stärker gewachsen ist. Seine Zunahme beträgt gegenüber dem 3. Vierteljahr 1935 gut 10 %. Damit ist der Beschäftigungsgrad vom Herbst 1929 fast wieder erreicht.

Zahlentafel 1. Beschäftigung[1]) der deutschen Elektroindustrie im dritten Vierteljahr 1936.

Monat	Zahl der beschäftigten Arbeiter in % der Arbeiterplatzkapazität		Zahl der beschäftigten Angestellten in % der Angestelltenplatzkapazität		Zahl der geleisteten Arbeiterstunden in % der Arbeiterstundenkapazit.		Durchschnittliche tägliche Arbeitszeit je Arbeiter h	
	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936
1. V.-J.[2])	67,9	71,5	75,6	86,0	63,4	68,3	7,47	7,60
2. V.-J.[3])	69,4	73,8	78,6	89,1	64,4	69,7	7,39	7,54
VII.	72,2	77,6	80,6	90,1	66,2	72,7	7,30	7,46
VIII.	74,2	79,4	81,6	90,9	69,2	75,9	7,43	7,61
IX.	75,2	80,7	82,4	91,8	71,9	78,8	7,61	7,77
3. V.-J.	73,9	79,2	81,5	90,9	69,1	75,8	7,45	7,61
Jan./Sept.	**70,4**	**74,8**	**78,6**	**88,7**	**65,6**	**71,3**	**7,44**	**7,58**

[1]) Nach der Industrieberichterstattung des Statistischen Reichsamts.
[2]) S. a. ETZ 57 (1936) H. 25, S. 718.
[3]) S. a. ETZ 57 (1936) H. 41, S. 1194.

Dividendensenkung bei Philips. — Das Geschäftsjahr 1935/36 zeitigte in dem holländischen Elektro-Konzern N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, der überhaupt das größte Industrieunternehmen Hollands ist, eine Dividendensenkung. Die Dividende auf die Vorzugsaktien wurde von 7 auf 6 %, die der Stammaktien von 11 auf gleichfalls 6 % herabgesetzt. Den verringerten Reingewinn (4,06 Mill hfl. gegen 9,3 Mill. hfl. im Vorjahre) führt die Gesellschaft größtenteils auf die Einfuhrerschwerungen in den verschiedenen Absatzgebieten zurück. Ihre Abhängigkeit von der Ausfuhr hat sich infolge der Dezentralisation ihrer Erzeugungsstätten und dem allgemeinen Ausfuhrrückgang etwas gemildert, doch weist die Gesellschaft darauf hin, daß sie allein heute immer noch 8 % der gesamten holländischen Ausfuhr bestreitet. In den ersten vier Monaten des neuen Geschäftsjahres habe der Umsatz zwar eine bemerkbare Steigerung aufgewiesen, die durch die günstige Auswirkung der Guldenabwertung vermutlich noch verstärkt werde, doch sei immerhin bei der Schlußfolgerung für die Zukunft Vorsicht geboten. Jedenfalls habe der Verkaufspreis je Wareneinheit in Gulden bis Ende September noch eine fallende Richtung eingenommen. In der Vermögenslage des Unternehmens ist die Bilanzflüssigkeit nach wie vor sehr hoch. Bei einem Gesamtvermögen von 137 Mill hfl. haben die festen Anlagenwerte einen Bilanzwert von nur 6,06 Mill hfl., während die Beteiligungen mit 60,54 Mill hfl. zu Buch stehen (Zahlentafel 1).

Zahlentafel 1.

Jahr 1. 5. bis 30. 4.	Aktienkapital[2])	Reserven[3])	Beteiligungen[4])	Reingewinn	Dividende V.-A.	Dividende St.-A.
	in 1000 hfl.				%	
1932.	90 723	26 253	64 176	7 313	6	6
1933/34[1])	68 042	26 253	57 206	9 700	10[5])	11
1934/35	68 042	26 253	60 476	9 271	7	11
1935/36	68 042	26 253	60 538	4 064	6	6

[1]) Geschäftsjahr vom 1. 1. 33 bis 30. 4. 1934.
[2]) Begebene Stamm- und 6% kumulative Vorzugsaktien.
[3]) Einschl. Dividendenreserven und Reserven für Erweiterungen (Agio auf Aktienausgabe).
[4]) Einschl. Vorschüsse an Tochtergesellschaften.
[5]) Nicht ganz 10%: hfl. 74 je Aktie nominal hfl. 750.

Die schon 1929 begonnene Verlagerung der Herstellung nach den ausländischen Fabriken wurde weiter fortgesetzt. Von den heute beschäftigten 34 500 Personen sind bereits 19 500 außerhalb der Niederlande tätig. Es bietet sich somit für die letzten 7 Jahre das in Zahlentafel 2 wiedergegebene Bild.

Zahlentafel 2.

Stand 1. Oktober	Beschäftigte Personen im Ausland	Beschäftigte Personen in den Niederlanden	Beschäftigte Personen insgesamt
1929	27 000	13 000	40 000
1934	18 500	18 000	36 500
1935	16 500	18 500	35 000
1936	15 000	19 500	34 500

Diese Verlagerung des Schwerpunktes des Konzerns in das Ausland habe, so führt die Gesellschaft aus, heute bereits einige Früchte getragen, da die Einschränkungen der holländischen Erzeugung durch steigende Ergebnisse der ausländischen Werkstätten größtenteils wieder wettgemacht wurden. Außerdem sichert bekanntlich diese Auslandserzeugung den Philips-Werken in Eindhoven eine gewisse Ausfuhr von höherwertigen Teilen und Rundfunkröhren, deren Herstellung für die einzelnen Auslandsbetriebe nicht lohnend ist.

Verbreitung der Tonfilmtheater in europäischen Ländern. — Infolge der Herstellung der elektroakustischen Geräte für Tonfilmaufnahme und -wiedergabe ist die Elektroindustrie verständlicherweise an der Verbreitung der Tonfilmtheater gegenüber den Stummfilmtheatern interessiert. Über diese Frage hat die Fédération Internationale des Associations de Cinémas, deren Sitz sich in Berlin befindet, eine statistische Unterlage für die meisten europäischen Länder aufgestellt. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 1 wiedergegeben. Es zeigt sich dabei, daß Deutschland, Schweden und Spanien in der Ausstattung ihrer Lichtspieltheater mit Tonfilmgeräten am weitesten fortgeschritten sind. Von den 1935 in Deutschland vorhandenen 5253 Lichtspielhäusern waren 5251 bzw. 99,9 % mit Tonfilmanlagen ausgestattet. Zu diesem Zeitpunkt bestanden im Reich nur zwei Stummfilmthater, die vermutlich immer als solche geführt werden, so daß praktisch auch in Deutschland nur noch Tonfilmtheater vorhanden sind, während Spanien und Schweden überhaupt über keine Stummfilmtheater mehr verfügen. Die geringste Verbreitung hat das Tonfilmtheater bis jetzt in Italien gefunden. Dort sind erst 64,7 % aller Lichtspielhäuser Tonfilmtheater, während die meisten anderen Länder die Grenze von 90 % bereits überschritten haben oder doch bald erreichen.

Zahlentafel 1. Lichtspielhäuser in europäischen Ländern (Stand 1935).

Länder	Anzahl der Lichtspielhäuser insgesamt	davon Tonfilmtheater	davon Stummfilmtheater	Anteil der Tonfilmtheater in %
Belgien	790	725	65	91,8
Deutschland	5253	5251	2	99,9
Dänemark	344	312	32	90,7
Estland	62	54	8	87,1
Finnland	242	214	28	88,4
Frankreich	4000	3300	700	82,5
Jugoslawien	336	246	90	73,2
Italien	4221	2724	1497	64,5
Luxemburg	22	.	.	.
Österreich	779	706	73	90,6
Norwegen	225	205	20	91,1
Polen	707	599	108	84,7
Schweden	1379	1379	—	100,0
Schweiz	340	330	10	97,1
Spanien	1500	1500	—	100,0
Tschechoslowakei	1833	1343	490	73,3
Ungarn	420	410	10	97,6

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Rundfunkstörungen.

Der Ausschuß hat nachstehende Änderungen an

VDE 0874/1935 „Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen"

beschlossen, die vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1936 genehmigt worden sind und die am 1. Januar 1937 in Kraft treten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Änderungen an
VDE 0874/1935
Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen.
(Gültig ab 1. Januar 1937.)

III. Entstörungsmaßnahmen.

§ 8.
Maßnahmen an Schaltern und Schaltgeräten.

Der letzte Satz des ersten Absatzes erhält folgende Fassung:

„Die praktisch verwendeten Kapazitätswerte liegen zwischen 0,01 und 2 µF."

§ 9.
Maßnahmen an Signal- und Fernmeldegeräten.

a) Schaltungsbild Nr. 3 c: Die eingezeichneten Kondensatoren werden als Berührungsschutz-Kondensatoren mit (b) bezeichnet.

b) Schaltungsbild Nr. 5: Die eingezeichneten Kondensatoren werden als Berührungsschutz-Kondensatoren mit (b) bezeichnet.

Die Bezeichnungen der Schaltungsbilder Nr. 3 c und Nr. 5 werden mit einer Fußnote folgenden Wortlautes versehen:

„Die mit (b) bezeichneten Kondensatoren brauchen nur in Starkstromanlagen Berührungsschutz-Kondensatoren zu sein."

§ 10.
Maßnahmen an Stromrichtern.

Der letzte Absatz von b) „Bei betriebsmäßiger Erdung . . . . . keine Berührungsschutz-Kondensatoren zu sein." wird gestrichen.

Schaltungsbild Nr. 8: Die eingezeichneten Kondensatoren werden als Berührungsschutz-Kondensatoren mit (b) bezeichnet.

Schaltungsbild Nr. 9: Der Anschluß des Heiztransformators erfolgt innerhalb des Gehäuses an den Primärklemmen des Hochspannungs-Transformators.

Die besonderen Kondensatoren des Heiztransformators entfallen somit. Die Kondensatoren des Hochspannungs-Transformators werden mit der Bezeichnung (b) versehen. Außerdem werden die aus dem Käfig herausführenden Leitungen verdrosselt.

c) dritter Absatz wird gestrichen.

c) vierter Absatz erhält folgende Fassung:

„In besonders schwierigen Fällen ist bei Röntgenanlagen eine weitergehende Störungsverminderung durch Unterbringung von Transformator, Gleichrichter und erforderlichenfalls der Röntgenröhre in einem Faraday-Käfig zu erreichen. Sämtliche aus dem Käfig austretenden Leitungen sind nach Schaltungsbild Nr. 9 an der Austrittstelle aus dem Faraday-Käfig durch Kapazitäten für Hochfrequenzschwingungen kurzzuschließen und zu verdrosseln. Verursacht die Anlage sehr starke Störungen und ist die Röntgenröhre außerhalb des Käfigs angeordnet, so sind die Zuleitungen zu dieser durch eine Drahtreuse oder dgl., die mit dem Käfig verbunden ist, zu schützen."

In Schaltungsbild Nr. 10 sind die mit (2) bezeichneten Kondensatoren Berührungsschutz-Kondensatoren und daher zusätzlich mit einem (b) zu versehen.

§ 11.
Maßnahmen an Hochfrequenz-Heilgeräten.

Die Schaltungsbilder Nr. 11 a und Nr. 11 b werden gestrichen.

Die Schaltungsbilder Nr. 11 c bis Nr. 11 e erhalten die Bezeichnung Nr. 11 a bis Nr. 11 c. Dementsprechend ändern sich auch die Hinweise auf die Schaltungsbilder im anschließenden Text.

b) erster Absatz erhält folgende Fassung:

„Um das Eindringen von Störungen in das speisende Netz zu vermindern, kann eine Beschaltung mit Kondensatoren und Drosseln nach den Schaltungsbildern Nr. 11 a bis Nr. 11 c erfolgen. Kondensatoren und Drosseln müssen den allgemeinen Bedingungen in § 5 genügen."

§ 12.
Maßnahmen an Diathermiegeräten.

In den Schaltungsbildern Nr. 12 b, Nr. 12 c und Nr. 12 d wird zwischen dem Symmetriepunkt der Drosselkette und der geerdeten Schutzdrossel ein Berührungsschutz-Kondensator (b) eingeschaltet.

b) zweiter Absatz erhält folgenden Wortlaut:

„Zu Schaltungsbild Nr. 12 b. Für die Drosselkette *DK* gilt das vorstehend unter a) Gesagte. Um Strahlung auf die Drosselkette *DK* und das Anschlußkabel *A* zu verhindern, ist ein metallener Schirm *S* oder eine Gegengewichtsplatte über einen Berührungsschutz-Kondensator an den Symmetriepunkt der Kette anzuschließen. Der zu Behandelnde muß gegenüber der Metallabschirmung gut isoliert sein. Genügt die so erreichte Entstörungswirkung nicht, dann kann der Schirm *S* unter Zwischenschaltung einer Drossel geerdet werden."

b) dritter Absatz erhält folgenden Wortlaut:

„Zu Schaltungsbild Nr. 12 c. Anschlußkabel *A*, Diathermiegerät *DG* und Behandlungskabel *B* sind abgeschirmt. Die Abschirmung ist über einen Berührungsschutz-Kondensator (b) mit dem Symmetriepunkt zu verbinden und — u. U. über eine Drossel wie unter Nr. 12 b — zu erden. Die Abschirmung soll ..... usw. wie bisher."

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Fachversammlung
der Fachgruppe „Elektrophysik".
Fachgruppenleiter: Dr.-phil. G. Mierdel VDE.

Vortrag
des Herrn Dr. phil. F. Hoffmann, Berlin, am Donnerstag, dem 17. Dezember 1936, 20^{00}, in der Technischen

Digitized by Google

Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Widerstände aus künstlicher Kohle".

Eintritt und Kleiderablage frei.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Hansa.

Über „Die Übertragungsleitungen elektrischer Energie im Blickfeld der Rohstoff-Frage" sprach am 4. 11. 1936 Herr W. Vogel VDE. Zunächst wurden die Richtlinien für die Aufgabe des Elektrotechnikers im Rahmen des Vierjahresplanes besprochen und dann in dem Teilgebiet elektrische Leitungen im einzelnen behandelt. Die Richtlinien sind die folgenden:

1. Alles, was neu geschaffen wird, muß technisch einwandfrei sein.
2. Die Lösungen müssen vom nationalwirtschaftlichen Standpunkt tragbar sein, ohne daß jedoch der Weltmarktpreis dafür als Richtlinie gilt.
3. Wo ein Umstellstoff nicht zur Verfügung steht, ist durch geeignete technische Mittel eine möglichst große Ersparnis an ausländischem Rohstoff anzustreben.

Überblickt man die verschiedenen Gebiete der Leitungstechnik, so ist für Freileitungen und Sammelschienen die Umstellung auf Aluminium verhältnismäßig leicht durchführbar. Für Installationsleitungen kleinen Querschnitts ist nach wie vor Kupfer vorzuziehen, da Aluminium in den vielen Verbindungsstellen zu große Schwierigkeiten macht. Dagegen ist die Verwendung von deutschem Gummi (Buna) zweckmäßig und an Stelle der Bleimantelleitungen solche mit Hüllen aus Kunststoff, MP, Stabol u. ä. vorteilhaft. Bei Erdkabeln wird Aluminium als Leiter fast durchweg angewendet, nachdem die Leiterverbindungsfrage zufriedenstellend gelöst werden konnte. Durch entsprechende Bauart kann viel Blei und Isolierstoff gespart werden. Leider ist der Ersatz des Bleies hier bisher noch nicht möglich, da die bei den Installationsleitungen verwendeten Hüllstoffe nicht ganz wasserundurchlässig sind, was unbedingt erforderlich ist. Bei den Höchstspannungskabeln wird durch das Öl- und Druckkabel ein technischer Fortschritt in Richtung besserer Baustoffausnutzung erreicht. Der Bleiaufwand ist jedoch beim Ölkabel beträchtlich, während das Druckkabel weniger Blei benötigt und evtl. ganz darauf verzichten kann.

Gau Köln.

Herr Otto Deißler VDE sprach am 23. 10. 1936 über „Eine neue Bremseinrichtung für Drehstrommotoren". Durch die Einführung des Einzelantriebes im Werkzeugmaschinenbau wurden die Aufgaben des Elektromotors immer größer. Er diente nicht nur als Antriebskraft, sondern auch als Steuermittel zur Drehrichtungsänderung und Regelung. Eine allgemeine Verwendung des Drehstrommotors mit Kurzschlußläufer als Bremse war bisher leider nicht möglich, da die vom Schleifringläufermotor her bekannten Schaltungen nicht ohne weiteres auf Kurzschlußläufer übertragen werden konnten und anderseits die zur Verfügung stehenden Mittel, wie Schleppschalter, Fliehkraftschalter, Tachometer und dergl., nicht die nötige Genauigkeit besaßen, um ein einwandfreies Abschalten zu ermöglichen. Bei der neuen Einrichtung wird mit dem Hauptmotor mittelbar oder unmittelbar ein kleiner Kurzschlußläufer mit einem drehbar gelagerten Ständer, der eine Einphasenwicklung besitzt, gekuppelt (Bremswächter). An dem Ständer wird eine Kontaktvorrichtung angebracht, wodurch je nach der Drehung des Ständers die Gegenstrombremsung unter Verwendung von Schützenschaltern vorbereitet wird. Die synchrone Drehzahl des Bremswächters wird höher gewählt als die des Antriebsmotors, und dadurch wird beim Anlauf und Lauf des Hauptmotors ein Drehmoment vom Läufer des Bremswächters auf den drehbar gelagerten Ständer übertragen. Da der Ständer des Bremswächters sich nur um einen kleinen Winkel drehen kann, bleibt der Ständer in der einen oder anderen Richtung stehen. Eine Feder- oder Gewichtsausgleichvorrichtung versucht, den Ständer in die Ruhelage zurückzuführen. Nach der Einleitung der Bremsung bleibt der Motor durch den in der einen oder anderen Richtung liegenden Ständer des Bremswächters auf Gegenstrom geschaltet. Sobald die Drehzahl aber so weit abgesunken ist, daß das von der Gewichts- bzw. Federausgleichvorrichtung auf den drehbaren Ständer übertragene Drehmoment größer wird als das vom Läufer auf den Ständer übertragene, geht der Ständer in die Ruhelage zurück und schaltet damit den Selbstschalter, der den Motor auf Gegenstrom schaltete, ab. Herr Deißler zeigte, daß dieselbe Einrichtung auch sehr gut zum selbsttätigen kurzzeitigen Ein- und Ausschalten, um eine kleine mittlere Drehzahl zu erreichen, verwendet werden kann. Es ist lediglich erforderlich, den Betätigungsdruckknopf oder Fußschalter während der Dauer der gewünschten niedrigen Drehzahl zu betätigen. Ferner wurde darauf hingewiesen, daß die gleiche Einrichtung auch zur Drehzahlüberwachung benutzt werden kann, indem die Anlage abgeschaltet wird, sobald der Hauptmotor eine Drehzahl annimmt, die gleich oder nahe der synchronen Drehzahl des Bremswächters ist.

Über „Festigkeit und Verschleiß im Niederspannungs-Schaltgerätebau" sprach am gleichen Abend Herr Franken VDE. Verschleißfragen sind für viele Zweige der Technik heute ausschlaggebend für die Bewertung. Leider verfügt man nur selten über klare, zahlenmäßige Unterlagen. Auch der Niederspannungs-Schaltgerätebau muß sich infolge der Entwicklung der Elektroarbeitsmaschine mit hohen Schalthäufigkeiten der Geräte diesen Fragen widmen. Für den Verschleiß steht im Vordergrund des Interesses die Kontaktabnutzung. Verschiedene Quellen der Kontaktzerstörung wurden erörtert. Es ist heute nur erst andeutungsweise möglich, die Zusammenhänge zwischen Abbrandvolumen, Kontaktdruck, Stromstärke, Stromart und dergl. anzugeben. Besonders wesentlich für den Verschleiß ist die Art der Belastung. An Hand von Beispielen wurde gezeigt, wie bei dem gleichen Kontakt und dem gleichen Nennstrom des Stromverbrauchers der Verschleiß im Verhältnis 1 : 30 stehen kann. Unter den Festigkeitsfragen tritt als besonders kennzeichnend für den Schaltgerätebau die Isolierstoffkapselung in den Vordergrund. Wichtig ist die Schlagbiegefestigkeit. Die Verfahren zu deren Feststellung wurden erörtert. Die Praxis zeigt aber, daß zwischen der Widerstandsfähigkeit der Abdeckungen und der Schlagbiegefestigkeit kein eindeutiger Zusammenhang besteht, sobald man beispielsweise vom Gußeisen zum Isolierstoff übergeht. Ein Baustoff, dessen Schlagbiegefestigkeit nur ½- oder ⅓mal so hoch ist als die vom Gußeisen, zeigt sich bei gleicher Dicke als Abdeckungsstoff günstiger. Eine Gußeisenplatte mit Schlagbiegefestigkeit 70 wird bei gleicher Beanspruchung zerstört, während eine Kunstharz-Preßstoffplatte mit Faserstoff und Schlagbiegefestigkeit 25 bis 30 noch hält. Es sind hier neue Begriffe notwendig. An Hand eines Kugelschlaggerätes wurde der Unterschied vorgeführt. Weiterhin behandelt wurde die Kriechstromfestigkeit, die Festigkeit gegen die Angriffe der Atmosphäre und dergl.

Sitzungskalender.

Gau Ostsachsen, Dresden. 17. 12. (Do), 18^{00}, Zeunerbau der T. H.: „Über die Ausbreitung der Wellen" (m. Vorführ. u. Lichtb.). R. W. Pohl. Anschließend in sämtlichen Räumen des Dresdner Studentenhauses, Mommsenstraße 13: Abendessen mit künstl. Darbietungen und Tanz.

Gau Pommern, Stettin. 18. 12. (Fr), 20^{15}, „Die Technik in der neuzeitlichen Medizin". Obering. Unger.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. König †. — Am 10. d. M. starb der Oberingenieur und Prokurist der Schorch-Werke AG., Rheydt, Heinrich König VDE, Leiter des Gaues Niederrhein. Auf das Wirken und die Verdienste des Verstorbenen werden wir noch in einem besonderen Nachruf zurückkommen.

K. Scheel †.

Am 8. 11. 1936 ist ganz unerwartet der Geheime Regierungsrat und Oberregierungsrat Prof. Dr. phil. und Dr.-Ing. E. h. Karl Scheel VDE gestorben. Die ETZ hat die großen Verdienste des Entschlafenen um die Physik und die Elektrotechnik erst vor wenigen Monaten zu seinem siebzigsten Geburtstag ausführlich gewürdigt[1]). Niemand, der seine körperliche Rüstigkeit und seine gewaltige Arbeitskraft kannte, ahnte damals, wie bald der Tod ihn der Wissenschaft und seinen zahlreichen Freunden entreißen würde. Er war nicht nur ein hervorragender Forscher und unermüdlicher Arbeiter, sondern auch ein ausgezeichneter Mensch, der sich selber während seines langen Lebens immer treu geblieben ist. Allen, die das Glück gehabt haben, ihm nähertreten zu dürfen, wird er immer unvergeßlich bleiben. J. Wallot VDE.

K. Scheel †.

Hochschulnachrichten. — Dr. rer. nat. Richard Feldtkeller ist zum ord. Professor und Direktor des Instituts für Nachrichtentechnik an die Technische Hochschule Stuttgart berufen worden. Herr Feldtkeller war bisher in der Leitung des Zentrallaboratoriums im Wernerwerk der Siemens & Halske AG. tätig. — Dipl.-Ing. Reinhold Bauder VDE wurde zum a.o. Professor für Elektrische Meßtechnik an der gleichen Technischen Hochschule ernannt.

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Zur Frage der Berechtigung des Minimumprinzips in der Theorie der Bogenentladung.

537. 525. 5

In einem Briefwechsel mit den Herren Dr. Kesselring und Dr. Koppelmann über die Löschung des Lichtbogens, der letzten Endes durch die Veröffentlichung des Vortrages von Herrn Dr. Kesselring im Jahre 1934 angeregt worden ist, trat als grundsätzlicher Unterschied unserer Ansichten die Frage nach der Gültigkeit des Minimumprinzips bei der Bogenentladung hervor. Während die Herren Kesselring und Koppelmann die Minimumtheorie anwenden zu dürfen glauben, bin ich der Ansicht, daß diese Theorie in vielen Fällen zu falschen Schlüssen führt. So schreibt z. B. Kesselring[1]) auf S. 168 der ETZ 55 (1934), wo er seine Betrachtungen zusammenfaßt, folgendes:

„Auf Grund dieser Ergebnisse kann man die Löschbedingung für einen elektrischen Wechselstromlichtbogen in einfachster Weise wie folgt formulieren: Zur Löschung eines elektrischen Wechselstromlichtbogens ist es erforderlich, den Lichtbogendurchmesser vor Eintritt der stromlosen Pause möglichst klein zu machen. Da nun nach Gl. (8) mit einer Verringerung des Durchmessers eine Erhöhung der Temperatur verbunden ist, so haben wir den bemerkenswerten Tatbestand, daß zur Löschung eines Wechselstromlichtbogens solche Maßnahmen geeignet sind, welche die Temperatur des Bogens in die Höhe treiben. Die Wirkung einer „Kühlung" des Lichtbogens besteht nicht darin, daß die Temperatur des Bogens erniedrigt wird, sondern im Gegenteil treibt sie die Temperatur des Bogens herauf. Diese hohe Temperatur ermöglicht es dann dem Bogen, mit kleinem Durchmesser zu brennen."

Dieses merkwürdige Verhalten des Bogens (Temperaturerhöhung wirkt löschfördernd und Kühlung des Bogens hat Temperaturerhöhung zur Folge) wird jedoch meines Erachtens vorgetäuscht durch die falsche Verknüpfung von Temperatur und Durchmesser, welche durch die Gl. (8) von Kesselring gegeben wird. Diese Gleichung wird in folgender Weise abgeleitet[2]): Die dem Bogen zugeführte Energie muß den Bogen auch wieder verlassen (Gleichgewicht). Die abgegebene Energie wird proportional $r^m f(T)$ gesetzt, wobei r Radius der Entladung, T Temperatur der Entladung, welche innerhalb r konstant angenommen wird, für Oberflächenkühlung $m = 1$ und für Volumkühlung $m = 2$ ist. $f(T)$ ist eine mit T monoton steigende Funktion. Ist G der Gradient und i die Stromstärke, so ist:

$$r^m f(T) = G\, i. \tag{1}$$

Ferner ist die Stromstärke i gegeben durch:

$$i = G\, n(T)\, r^2, \tag{2}$$

worin $n(T)$ proportional der Anzahl Elektronen je cm³ ist und monoton mit T steigt. Elimination von G aus (1) und (2) liefert Gl. (8) von Kesselring:

$$r^{2+m} = \frac{i^2}{n(T)\, f(T)}. \tag{8}$$

Hiermit ist die Entladung jedoch noch nicht bestimmt. Für jeden Radius r ist nach (8) eine Temperatur T anzugeben, bei welcher der Bogen brennen kann. Die erforderlichen Gradienten sind dabei jedoch verschieden. Nach der Minimumtheorie wird der Bogen nun denjenigen Durchmesser wählen, welcher den kleinsten Gradienten liefert.

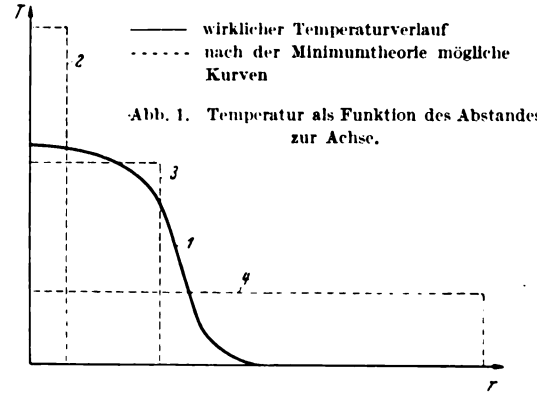


Abb. 1. Temperatur als Funktion des Abstandes zur Achse.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 11, S. 320.

[1]) F. Kesselring, ETZ 55 (1934) S. 92, 116, 165.

[2]) S. a. M. Steenbeck, Physik. Z. 33 (1932) S. 809. — A. v. Engel u. M. Steenbeck: Elektrische Gasentladungen Bd. 2, S. 142; Berlin: Julius Springer 1934.

Digitized by Google

Auf folgende Weise ist jedoch einzusehen, daß der Bogen schon bestimmt ist und sich also nicht auf minimalen Gradient einstellen kann.

Wir betrachten in irgendeiner Ebene, senkrecht zur Verbindungslinie der Eletroden, die Temperatur des Bogens als Funktion des Abstandes zur Achse. Gegeben sei die Stromstärke i, die Art des Gases und gegebenenfalls eine zusätzliche Kühlung. In Abb. 1 sind einige den Annahmen von Kesselring entsprechende Temperaturkurven (*2*, *3* und *4*) gezeichnet. Nach der Minimumtheorie wählt der Bogen eine dieser Kurven *2*, *3*, *4* oder eine zwischenliegende aus, und zwar diejenige, welche den Strom i mit dem kleinsten Gradienten fließen läßt. Um sich jedoch auf minimalen Gradient einstellen zu können, muß der Bogen auch wirklich imstande sein, mit den Temperaturkurven (*2*), (*3*), (*4*) usw. zu brennen. Dies ist jedoch nicht der Fall[1]). Die wirkliche Temperaturkurve *1* stellt sich vielmehr so ein, daß ein Wert von G besteht, wobei

1. der Strom i fließen kann und
2. die in jeder Zone zwischen r und $r + \mathrm{d}r$ vom Bogen entwickelte Energie $2\pi r G^2 \mu n e \,\mathrm{d}r$ (μ Beweglichkeit der Elektronen und e Ladung des Elektrons) den Verlusten an Strahlung (emittierte Energie minus absorbierte Energie), Wärmeleitung, Konvektion und zusätzlicher Kühlung gerade das Gleichgewicht hält.

Durch diese zwei Bedingungen liegt Kurve *1* fest (würde Kurve *1* z. B. im ganzen etwas höher liegen, so könnte der Strom i mit einem kleineren Gradienten fließen; die Energieentwicklung $i \times G$ würde also kleiner sein, und mit dieser kleineren Energie müßte eine höhere Temperaturkurve aufrechterhalten werden; weiter wird die Form der Kurve durch die zweite Bedingung und durch den Wert von G bedingt). Der Bogen ist also ohne Einführung der Minimumbedingung schon festgelegt, so daß die Bedingung des Minimumgradienten nicht mehr eingeführt werden kann.

Die Abweichung von der Minimumtheorie liegt darin, daß bei letzterer die obengenannte zweite Bedingung nur für den Bogen als Ganzes zutrifft und der Temperaturlauf von vornherein als rechteckig (Kurven *2* bis *4* in Abb. 1) angenommen wird.

Der Schluß von Kesselring, daß abnehmender Bogendurchmesser auf erhöhte Bogentemperatur weist [zufolge von Gl. (8)], ist nicht berechtigt. Vielmehr muß man annehmen, daß der abnehmende Bogendurchmesser die Folge einer abnehmenden Bogentemperatur ist (siehe Abb. 1). Demzufolge steigt der Gradient, und dies ist die Ursache der größeren Löschfähigkeit des gekühlten Bogens.

Im Hg-Bogen[2]) machte sich die Temperaturerniedrigung des Bogens bei zunehmender Kühlung (durch Hinzufügung von Gasen mit größerer Wärmefähigkeit) durch Zunahme des Gradienten und Abnahme der Strahlung bemerkbar (wir hielten da die Leistung konstant; aber auch bei konstanter Stromstärke würde die Strahlung abgenommen haben). Zugleich nahm der Bogendurchmesser ab. Dies ist mit unseren Betrachtungen im Einklang und in Widerspruch mit der Minimumtheorie.

Auch in „Elektrische Gasentladungen" erwähnen von Engel und Steenbeck[3]) einen Fall, bei dem die Bogentemperatur bei Kühlung zunimmt. Hier wird die Kühlung hervorgebracht, indem der Bogen durch eine enge Öffnung gezwungen wird, deren Wand etwa durch fließendes Wasser gekühlt wird. Hier hat jedoch meines Erachtens die Temperatursteigerung nichts mit der Kühlung zu tun. Sie würde im gleichen Maße (oder sogar etwas stärker) auftreten, wenn die Wand aus einem nicht wärmeleitenden Stoff bestände, denn die Temperaturerhöhung ist nicht eine Folge der Kühlung, sondern der gezwungenen Einschnürung des Bogens, welche eine vergrößerte Energiedissipation je Volumeneinheit zur Folge hat. Das gleiche gilt, wenn man den Bogen durch einen Luftstrom zwingt, mit kleinerem Durchmesser zu brennen.

Nach Kesselring und Koppelmann läßt sich das Minimumprinzip leicht rechtfertigen, wenn keine Energieabfuhr durch radiale Wärmeleitung stattfindet, d. h. wenn man die obengenannte zweite Bedingung vernachlässigt und annimmt, daß die Temperaturkurven die Form der Kurven *2*, *3* oder *4* haben (Abb. 1). Aber auch wenn die radiale Wärmeleitung eine Rolle spielt, halten Kesselring und Koppelmann die Anwendung der Minimumtheorie für berechtigt, weil sie auf diese Weise den Gradienten als Funktion der Stromstärke bei konstantem Druck im Einklang mit der Messung berechnen können (Abb. 13 der drei obengenannten Aufsätze von Kesselring). Um diese Übereinstimmung zu bekommen, muß man jedoch anstatt der rechteckigen Kurvenform von Abb. 1 einen allmählichen Temperaturabfall mit der Minimumbedingung vereinigen (Formel 2a von Kesselring). Mit einem Wert für m von ½ findet man die experimentell bestimmte Beziehung $G(:) i^{-3,5}$. Konsequente Durchführung der Minimumtheorie fordert jedoch einen Wert für m, welcher zwischen 1 (Oberflächenkühlung) und 2 (Volumenkühlung-Strahlung) liegt. Mit $m = 1$ berechnet man jedoch $G(:) i^{-1,3}$, während $m = 2$ sogar G konstant liefert. Die mit der Minimumtheorie berechnete Abhängigkeit des Gradienten von der Stromstärke ist also viel kleiner als die gemessene.

Auch Abb. 1 der Aufsätze von Kesselring ist in Widerspruch mit der Minimumtheorie. Dort nimmt bei Erhöhung der Stromstärke die Stromdichte zu und der Gradient ab. Dies weist meines Erachtens auf eine zunehmende Bogentemperatur (infolge der zunehmenden Leistung), so daß die Elektronenkonzentration so stark steigt, daß der größere Strom sogar mit kleinerem Gradienten fließen kann. Nach der Minimumtheorie sollte die Temperatur jedoch konstant bleiben.

Zusammenfassend möchte ich also sagen, daß die Schlüsse der Minimumtheorie mir in vielen Fällen unzulässig scheinen. Aus abnehmendem Bogendurchmesser darf nicht auf erhöhte Bogentemperatur geschlossen werden. Vielmehr muß man bei gegebenen Gas- und Kühlverhältnissen aus dem abnehmenden Bogenradius auf abnehmende Bogentemperatur und umgekehrt schließen. Bei Kühlung des Bogens (z. B. durch Einbringen eines Gases mit größerem Wärmeleitungskoeffizienten) nimmt die Temperatur des Bogens ab. Behindert man den Bogen, z. B. dadurch, daß man ihn durch eine enge Öffnung zwingt oder seinen Durchmesser mit einem Luftstrom verkleinert, so ist die Temperaturerhöhung nicht die Folge der Kühlung, sondern die Folge der Stromdichtezunahme.

Eindhoven, 1. 7. 1936. W. Elenbaas.

Erwiderung[1]).

I. Jede theoretische Untersuchung eines stationären Lichtbogens mit thermischer Ionisation stützt sich auf zwei Gleichungen, nämlich die Energiebilanz (1) und die Strombilanz (2)[2]). Wird der Strom, wie es beim Schalterproblem der Fall ist, als gegeben angenommen, so erscheinen als unbekannte Größen Bogengradient und Temperatur. Herr Elenbaas behauptet nun, daß die Gl. (1) und (2) die Verhältnisse genau und eindeutig wiedergeben, so daß für die Anwendung des Minimumprinzips weder eine Möglichkeit noch ein Bedürfnis bestehe. Er zieht aus seinen theoretischen Überlegungen die Schlußfolgerung, daß ein Lichtbogen bei stärkerer Kühlung mit tieferer Temperatur brenne. Hingegen trete dabei ein höherer Bogengradient auf, und dies sei die Ursache für die bessere Löschfähigkeit gekühlter Bögen. Dazu möchten wir zunächst folgende grundsätzliche Bemerkungen machen:

1. Das Experiment lehrt eindeutig, daß die Temperatur scharf gekühlter Bögen mit kleinem Durchmesser etwa zwei- bis dreimal so hoch liegt wie z. B. die Temperatur eines stabilisierten Bogens gleicher Stromstärke. Dabei löscht bei Wechselstrom unter den gleichen Bedingungen der scharf gekühlte, heiße Bogen, während der stabilisierte Bogen weiterbrennt. Ferner besteht keinesfalls ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Löschfähigkeit und Brennspannung. Es ist vielmehr das Bestreben der heutigen Schaltertechnik, gut löschende Bögen mit möglichst kleiner Brennspannung zu erzeugen. Die Schlußfolgerungen von Herrn Elenbaas stehen somit in Widerspruch mit dem Experiment.

2. Herr Elenbaas führt selbst aus, daß die Gl. (1) und (2) nur eindeutig lösbar sind, wenn für die Temperatur eine Grenzbedingung vorgeschrieben wird etwa der-

[1]) W. Elenbaas, Physica 1 (1934) S. 673.
[2]) W. Elenbaas, Physica 3 (1936) S. 219.
[3]) A. a. O., Bd. 2, S. 150.

[1]) Da mein Mitarbeiter Herr Koppelmann sich in der Zwischenzeit noch eingehend mit der in meinem damaligen Vortrag [ETZ 55 (1934), S. 116 ff.] dargestellten Theorie beschäftigt hat, möchte ich gemeinsam mit ihm zu den Ausführungen des Herrn Elenbaas Stellung nehmen. — Kesselring.

[2]) Gleichung 1 und 2 in der Arbeit von W. Elenbaas, Physica 1 (1934) S. 673. Diese Gleichungen gelten allerdings nur für den besonderen Fall, daß die Energieabfuhr ausschließlich als radiale Wärmeleitung erfolgt.

Digitized by Google

art, daß bei einem stabilisierten Bogen mit Kühlung durch Wärmeleitung $T = T_0$ bei $r = r_0$ ist, wenn r_0 der Durchmesser und T_0 die künstlich konstant gehaltene Temperatur des Rohres, in dem der Bogen brennt, bedeuten. Andernfalls erhält man lediglich eine unendliche Schar von Wertepaaren für Gradient und Temperatur.

3. Weiterhin gibt Herr Elenbaas selbst an, daß die genauen Gleichungen (1) und (2) nicht lösbar sind.

Mit einer Theorie, deren Grenzbedingung sich auf die zu untersuchenden Probleme nicht anwenden läßt und deren mathematische Ansätze nicht lösbar sind, ist uns aber nicht gedient. Es besteht demnach u. E. eine zwingende Notwendigkeit für eine angenäherte Theorie, deren Ergebnisse das Verhalten eines Starkstrom-Lichtbogens unter verschiedenen äußeren Bedingungen zu übersehen gestattet.

II. 1. Um zu einer solchen Theorie zu gelangen, liegt es, da das Auge und auch die photographische Platte im allgemeinen sehr scharf begrenzte Lichtbogenbilder feststellen, nahe, einen Lichtbogendurchmesser $2r$ in die Rechnung einzuführen, innerhalb dessen Stromdichte und Temperatur als konstant angesehen und außerhalb dessen die entsprechend der radial stetig abklingenden Temperatur noch vorhandene Stromdichte vernachlässigt wird. Diese Annahme umgrenzt unmittelbar das Gebiet, innerhalb dessen die Minimumtheorie angewendet werden kann. Je schärfer der eigentliche Lichtbogenkern sich von der Umgebung unterscheidet, desto besser werden die Angaben der Minimumtheorie mit dem Experiment übereinstimmen. Es ist daher zu erwarten, daß insbesondere für die Schalterprobleme die Schlußfolgerungen richtig sein müssen. Die Ausdehnung der Theorie auf Quecksilberlichtbögen im Vakuum, wie sie Herr Elenbaas vornimmt, war weder beabsichtigt, noch erscheint sie auf Grund der gemachten Voraussetzungen zunächst zulässig.

Diese Idealisierung des Bogens hat nun zur Folge, daß in der Energie- und Strombilanz als weitere unbekannte Größe der Bogendurchmesser $2r$ erscheint[1]), so daß jetzt diese Gleichungen in allen Fällen unterbestimmt sind, auch wenn die oben erwähnte Grenzbedingung für die Temperatur in aller Strenge gestellt wird. Auf den in dieser Weise stilisierten Bogen wandte M. Steenbeck eine Minimumbedingung für den Energieaufwand an. Die Theorie wurde dann später von uns in der genannten ETZ-Arbeit auch auf Schalterbögen erweitert.

2. Die Rechtfertigung der Anwendung des Minimumprinzips auf den vereinfachten Bogen ist verhältnismäßig einfach in den Fällen, in denen die Energieabfuhr nicht durch radiale Wärmeleitung, sondern vorwiegend durch Strahlung (stabilisierte Bögen großer Stromstärke), durch axiale Wärmeleitung (kurze Bögen oder im Grenzfall der Kathodenfall allein) oder durch axiale Gasströmung (Schalterbögen) erfolgt. Die Minimumtheorie vernachlässigt in diesen Fällen die radiale Wärmeleitung bzw. Diffusion neben den anderen Kühlungseffekten und ist nichts anderes als eine Stabilitätsbedingung für die nebeneinander und unabhängig voneinander brennenden Stromfäden. Demzufolge sind in diesen Fällen die Aussagen der Minimumtheorie in so guter Übereinstimmung mit dem Experiment, wie man bei den gemachten Vernachlässigungen nur erwarten kann[2]).

3. Für den Bogen mit Energieentzug vorwiegend durch radiale Wärmeleitung ist die Rechtfertigung der Anwendung des Minimumprinzips nicht so einfach wie oben. Die Minimumtheorie gibt aber für den in der bekannten Weise durch Gaswirbel stabilisierten Bogen sowohl den Absolutwert der Temperatur als auch die Abhängigkeiten von Strom, Gasdruck, Gasart usw. so gut wieder, daß wir hier auf Grund dieser Übereinstimmung an ihre Berechtigung als angenäherte Theorie glauben. Bei diesen Bögen erfolgt ja auch die Energieabfuhr durchaus nicht im ganzen Raum durch radiale Wärmeleitung; vielmehr wird die Wärme in einiger Entfernung von der Bogenmitte von dem in axialer Richtung strömenden Gaswirbel aus dem Rohr axial hinausgetragen. Eine Grenzbedingung für die Temperatur, wie sie oben als notwendig für die Lösung der genauen Gleichungen erwähnt wurde und welche streng genommen die Anwendung der Minimumbedingung ausschließen würde, ist also hier eigentlich nicht vorhanden, und zwar um so weniger, je weiter das Rohr ist, in dem der Bogen brennt.

4. Anders ist dies bei den von Herrn Elenbaas untersuchten Quecksilberbögen, welche in engen, abgeschmolzenen Rohren brennen. Hier hat der Rohrdurchmesser ausschlaggebenden Einfluß auf den Durchmesser des Bogens, und die Voraussetzungen für die Minimumtheorie sind am allerwenigsten gegeben. Diese Bögen waren in der damaligen ETZ-Arbeit nicht in die Betrachtung einbezogen, sondern nur Schalterbögen und durch strömende Gaswirbel stabilisierte Bögen, bei denen die Rohrwand nicht die Rolle einer Grenzbedingung für die Temperatur spielt. Das Mißtrauen von Herrn Elenbaas gegenüber der Minimumtheorie dürfte darin seinen Grund haben, daß seine Untersuchungen sich wesentlich auf solche in enge Rohre eingeschlossene Quecksilberbögen erstrecken, bei denen auch wir von ihrer Berechtigung am wenigsten überzeugt sind, während wir umgekehrt vor allem den frei brennenden Schalterbogen im Auge hatten, dem durch keine Rohrwand irgendwelche Vorschriften über seine räumliche Ausdehnung gemacht sind.

III. Im nachfolgenden sollen noch einige Punkte klargestellt werden, in denen Herr Elenbaas die Aussagen der Minimumtheorie zu Unrecht als in Widerspruch mit dem Experiment stehend bezeichnet.

1. Nach der Minimumtheorie brennt der Bogen mit der Temperatur, bei welcher der Ausdruck $\frac{[f(T)]^{2/m}}{(n\,T)}$ [Gl. (4) der früheren ETZ-Arbeit] sein Minimum hat. Bei einer Vergrößerung der Kühlung, d. h. der Funktion $f(T)$ um einen konstanten Faktor ohne Änderung des Charakters der Funktion und ohne Änderung des Exponenten m, ändert sich die Lage des Minimums und damit die Temperatur des Bogens nicht. Ändert sich dagegen der Charakter der Funktion $f(T)$ bzw. der Exponent m, z. B. in dem Sinne, daß $[f(T)]^{2/m}$ mit T in verstärktem Maße ansteigt, so verschiebt sich das Minimum zu kleineren Werten von T und ebenso im umgekehrten Fall zu größeren Werten.

Die erhöhte Kühlung der Schalterbögen gegenüber den stabilisierten Bögen besteht nun vorwiegend in Gasströmungen, für welche einerseits der Exponent m größer (nämlich 1 bis 2 statt etwa 0,5) und anderseits der Anstieg von $f(T)$ mit T geringer ist als bei Kühlung durch Wärmeleitung. Daher wird nach der Minimumtheorie die Temperatur der Schalterbögen größer als die stabilisierter Bögen, und nach Gl. (8) der früheren ETZ-Arbeit, da sowohl T als auch die Funktion $f(T)$ in ihrem Absolutwert vergrößert wird, der Durchmesser erheblich kleiner. Beide Aussagen der Minimumtheorie sind in Übereinstimmung mit dem Experiment, welches bei Schalterbögen größenordnungsmäßig Elektronendichten von 10^{17} und Stromdichten von 50 000 A/cm² ergeben hat[1]). Die Schlußfolgerungen der von Herrn Elenbaas zitierten Stelle aus der früheren ETZ-Arbeit sind also für den Fall der Schalterbögen, für den sie gemeint waren, durchaus berechtigt und in Übereinstimmung mit dem Experiment.

2. Herr Elenbaas behauptet nun, daß er bei seinen Quecksilberbögen durch Hinzufügen eines Gases erhöhter Wärmeleitfähigkeit bei konstant gehaltenem Strom eine Abnahme der Temperatur und des Durchmessers feststellen würde. Eine solche Feststellung würde zwar mit dem Wortlaut der angeführten Stelle, welche sich auf Schalterbögen bezieht, in Widerspruch stehen, nicht aber mit der Theorie selbst. Vielmehr müßte zunächst festgestellt werden, wie durch das Hinzufügen eines Fremdgases erhöhter Wärmeleitfähigkeit der Gang der Funktion $f(T)$ mit T sich ändert. Würde sie steiler ansteigen, so würde, wie oben beschrieben, auch nach der Minimumtheorie die Temperatur des Bogens abnehmen müssen. — Die von Herrn Elenbaas angegriffene Gl. (8) hat übrigens nichts mit der Minimumtheorie zu tun. Sie folgt vielmehr einfach durch Elimination des Gradienten aus Strombilanz und Energiebilanz. Es ist, wenn man sie allein ins Auge faßt, nach ihr sowohl möglich, daß bei abnehmender Temperatur der Durchmesser des Bogens abnimmt [wenn nämlich die Zunahme von $f(T)$ bei verstärkter Kühlung die Abnahme von $n(T)$ über-

[1]) Vgl. Gleichungen 1 und 2 in der früheren ETZ-Arbeit, ETZ 55 (1934) H. 4, 5 und 7.

[2]) v. Engel und Steenbeck: Gasentladungen II, S. 75 (Kathodenfall). — Kirschstein und Koppelmann: Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 13 (1934) H. 3; Z. techn. Physik 15 (1934) S. 605; ferner Vortrag von B. Kirschstein und F. Koppelmann in der Gesellschaft für Physik, Juni 1936, welcher demnächst in den Wiss. Veröff. Siemens-Werk. erscheint.

[1]) Siehe linke Spalte Fußnote 2.

Digitized by Google

wiegt], als auch daß bei zunehmender Temperatur der Bogendurchmesser abnimmt wie bei Schalterbögen.

3. Herr Elenbaas zitiert dann aus dem Buch von v. Engel und Steenbeck einen Fall, bei dem die Bogentemperatur bei Kühlung zunimmt, führt dies aber nicht wie wir auf die verschärfte Kühlung, sondern auf eine „erzwungene Einschnürung" zurück. Ohne Zweifel wird nun aber durch die mit fließendem Wasser bespülte Düse wie überhaupt durch jede solche Einengung der Exponent m, den wir in unsere Formel (2) einzusetzen haben, stark vergrößert, womit sich die Temperatursteigerung zwanglos aus der Minimumtheorie ergibt[1]). Gerade das, was Herr Elenbaas im Falle des Bogens im strömenden Gas mit den Worten „Einschnürung", „Behinderung" abtut und als etwas von der Kühlung ganz Verschiedenes aus der Betrachtung ausschließen möchte, gerade das haben wir durch Einführung des allgemeinen Exponenten m in die Energiebilanz in korrekter Weise rechnerisch miterfaßt, so daß wir zum Verständnis dieser Bögen die Einführung der Begriffe Einschnürung, Behinderung usw. nicht nötig haben.

Wenn weiter Herr Elenbaas meint, daß die Annahme des Exponenten $m = ½$ bei stabilisierten Bögen willkürlich sei, während die folgerichtige Durchführung der Rechnung $m = 1$ erfordere, so hat er anscheinend die Formel (2a) des früheren ETZ-Aufsatzes und die daran anschließenden Bemerkungen übersehen. Die Kurven *2* bis *4* in seiner Abb. 1 entsprechen durchaus nicht unseren Annahmen. Vielmehr haben wir bei der Minimumtheorie nur im Innern des Bogens konstante Temperatur, nach außen hin jedoch den normalen allmählichen Abfall angenommen. Da es sich nun um ein zylindrisches Problem handelt, erscheint in der Energiebilanz der Logarithmus, welcher durch den Exponenten $m = ½$ angenähert wird. Steenbeck hat zwar mit einem Exponenten $m = 1$ gerechnet, aber ausdrücklich für den Fall, daß die gesamte Energieabfuhr durch Oberflächenstrahlung und nicht durch Wärmeleitung erfolgt (Elektrische Gasentladungen 2, S. 142). In diesem Fall wäre $m = 1$ richtig. Bei Bögen kleiner und mittlerer Stromstärke geht aber die Energie vorwiegend durch Wärmeleitung aus dem Bogen, so daß unsere Rechnung mit $m = ½$ besser am Platz und daher auch besser in Übereinstimmung mit den Messungen ist.

5. Schließlich hat Herr Elenbaas recht, daß die Kurve *a* im dritten Teil der Abb. 1 der früheren ETZ-Arbeit in Widerspruch mit der Minimumtheorie steht. Dies hat aber durch spätere genauere Messungen eine Aufklärung gefunden. Wie man aus v. Engel und Steenbeck: Elektrische Gasentladungen 2, S. 149, Abb. 100 entnehmen kann, nimmt bei stabilisierten Luftbögen zunächst mit wachsender Stromstärke die Stromdichte in Übereinstimmung mit der Minimumtheorie a b. Das Wiederansteigen der Stromdichte hängt lediglich damit zusammen, daß infolge des endlichen Rohrdurchmessers der Bogen bei großen Stromstärken nicht unbehindert sich ausdehnen kann. Wie die Abb. 100 zeigt, erfolgt nämlich das Wiederansteigen der Stromdichte bei um so größerer Stromstärke, je größer der Rohrdurchmesser ist. Der Einfluß des Rohrdurchmessers wurde aber in der Minimumtheorie nicht berücksichtigt, so daß auch hier von einem Widerspruch zwischen Theorie und Experiment nicht die Rede sein kann. Die Kurve *c* in Abb. 1 der früheren ETZ-Arbeit gilt für Bögen in freier Luft mit Kühlung durch Konvektion unter dem Einfluß der mit wachsendem Strom stark zunehmenden magnetischen Kräfte. Für diesen Fall würde auch die Minimumtheorie zunehmende Stromdichte ergeben. Über die Stromdichte von stabilisierten Wasserstoffbögen (Kurve *b* in Abb. 1) liegen nur spärliche Beobachtungen vor, die nicht irgendwelchen Anspruch auf Genauigkeit machen können. Sie wurden damals nur zum Überblick aus mit dem Auge geschätzten Durchmesserwerten errechnet und in Abb. 1 mit aufgetragen.

6. Endlich weisen wir noch einmal darauf hin, daß, wie wir in einer anderen Arbeit in aller Ausführlichkeit gezeigt haben, es bei Wechselstrom für die Löschung von Schalterbögen nicht so sehr darauf ankommt, wie groß Elektronendichte und Gastemperatur sind, sondern vor allen Dingen, wie groß der Bogendurchmesser ist[1]). Da nach dem oben Ausgeführten jedenfalls bei Schalterbögen der Durchmesser bei großer Temperatur klein ist, so folgt tatsächlich, daß Schalterbögen hoher Temperatur besser löschen als solche von kleinerer Temperatur.

Berlin, 12. 9. 1936.

F. Kesselring VDE, F. Koppelmann.

[1]) Bei Wänden ohne irgendwelche Wärmeleitfähigkeit, wie sie sich Herr Elenbaas vorstellt, würde ein stationärer Zustand, wie er bei der Minimumtheorie Voraussetzung ist, überhaupt nicht möglich sein.

[1]) Arch. Elektrotechn. 29 (1936) H. 1, S. 1

SCHRIFTTUM.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Elektrizitätswerk und Abnehmer. Von Dr. H. Richardt. Mit 69 S. im Format 140 × 220 mm. Selbstverlag des Verfassers, Kassel, Leipziger Straße 76. Preis kart. 2,50 RM.

Rückert's Verzeichnis der Reichsbahn-Ämter, -Werke und -Dienststellen, Reichsauto- und Schienenbahnen, Kraftverkehre. 7. Ausgabe, bearbeitet von E. Rückert. Herausg. v. Reichsverband der Adreßbuch-Verleger. Mit XII u. 372 S. im Format A 4. Verlag Dreyer & Co., Buchdruckerei und Verlagsges. m. b. H., Berlin 1936. Preis kart. 10 RM.

Lichttechnik. Von Dr. W. Köhler. (H. Pohl, Die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen. 15. neubearb. Aufl.) Mit 91 Abb., 21 Tafeln, VI u. 108 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1936. Preis kart. 1,80 RM.

Die elektrische Kraftübertragung. Von Oberbaurat Dipl.-Ing. H. Kyser. 3. Bd.: Bau und Betrieb des Kraftwerkes. 1. Teil: Die maschinellen Einrichtungen für Dampf, Rohöl, Gas und Wasser, Vorarbeiten, Entwurfsgestaltung und Betriebsführung. 3. vollständig umgearb. u. erweit. Aufl. Mit 380 Abb. u. 50 Zahlentafeln, VIII u. 573 S. im Format 170 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1936. Preis geb. 45 RM.

Veranstaltungen anderer Vereine.

5. Internationaler Kongreß für angewandte Mechanik. — Der 5. Kongreß findet nach Mitteilung des amerikanischen Komitees in Cambridge, Mass., V. S. Amerika, vom 12. bis 16. 9. 1938 in der Howard-Universität und im Massachusetts-Institut für Technologie statt. Auf der Tagung sollen drei Hauptgebiete besprochen werden:

1. Fragen der Struktur, Elektrizität, Plastizität, Ermüdung. Festigkeitslehre, Kristallstruktur,
2. Fragen aus der Hydro- und Aerodynamik,
3. Werkstofffragen, dynamische Fragen für gasförmige und flüssige sowie feste Körper.

Im Anschluß an die Tagung sollen das National Bureau of Standards, Washington, und das National Advisory Committee for Aeronautics, Langley Field, besucht werden.

Anfragen sind an den 5. Internationalen Kongreß für angewandte Mechanik, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., V. S. Amerika, zu richten.

Berichtigung.

Gewittermessungen an Hochspannungsleitungen in der Schweiz.

In obigem Bericht der ETZ, H. 36, S. 1030, ist bei der Angabe der Entfernung zwischen Blitzeinschlagstelle und KO-Meßstelle für den Fall der Abb. 4 ein Versehen unterlaufen. Die Entfernung beträgt nicht 13,7, sondern nur 5,4 km. Die Überspannungswelle auf dem Leiter III ist demnach auf einem Laufweg von 5,4 km auf rd. 41 % ihres Wertes abgesenkt werden. H. Grünewald VDE.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955 56.

Abschluß des Heftes: 11. Dezember 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

57. Jahrgang | Berlin, 24. Dezember 1936 | Heft 52/53

Die Wähltechnik bei der Deutschen Reichspost.

Rückblick und Umschau.

Von **Hans Raettig VDE**, Berlin.

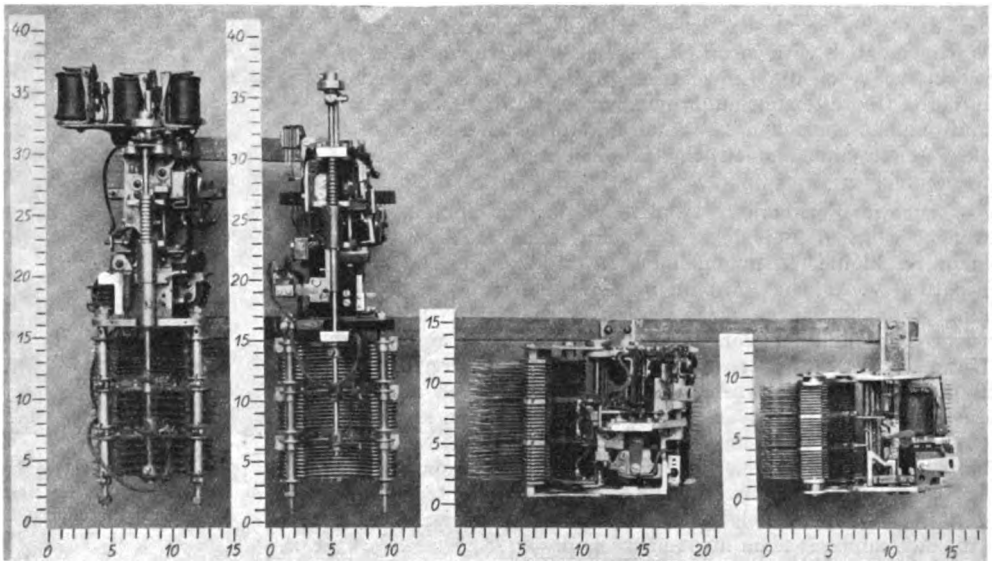
621. 395. 34

Im Frühjahr des jetzt zur Neige gehenden Jahres, am 15. 3. 1936, ist in Berlin die letzte Fernsprechvermittelungsstelle mit Handbetrieb auf den Wählbetrieb umgestellt worden. Damit ist ein Werk vollendet worden, dessen gewaltige Größe nur deswegen der Öffentlichkeit nicht voll zum Bewußtsein kam, weil der Übergang vom Hand- auf den Wählbetrieb sehr allmählich vor sich ging.

In Deutschland wurden die ersten Versuche mit selbsttätigen Fernsprechanlagen um die Jahrhundertwende in Berlin eingeleitet. Die bei der ersten Wählanlage, dem „Behördenamt", benutzten Wähler (Strowgerwähler) entsprachen in ihrem grundsätzlichen Aufbau bereits den heutigen, wenn auch die Schaltung noch nicht vollkommen war. Das günstige Betriebsergebnis dieser Anlage führte 1908 zu einem größeren Versuch im Ortsnetz Hildesheim. Kennzeichnend für die damalige Technik ist außer dem Ortsbatterie-(OB-)Betrieb noch die Tatsache, daß jede Anschlußleitung an einem nur für sie bestimmten Gruppenwähler (GW) endete.

Bei den dann folgenden Vermittelungsstellen mit Wählbetrieb wurde in Anlehnung an die allgemeine Entwicklung der Zentralbatterie-(ZB-)Betrieb eingeführt. Altenburg (1910), Posen (1910) und Dresden (1913) erhielten das sogenannte Erdsystem. Die Einstellstromstöße werden dabei von der Nummernscheibe über die *a*-Ader der Anschlußleitung zu den Wählern gegeben, während die gleichzeitige Erdung der *a*- und *b*-Ader als Schaltkennzeichen für die Umsteuerung der Kraftmagnete dient. Bei diesen Vermittelungsstellen wurden auch erstmalig Vorwähler verwendet, um die Zahl der I. Gruppenwähler (I. GW) auf den durch den Gleichzeitigkeitsverkehr bedingten Umfang herabzusetzen. Als Gruppen- und Leitungswähler wurden ebenfalls Strowgerwähler verwendet. Sie hatten, abweichend von der heutigen Bauart, das Hundertvielfachfeld für die Sprechadern meist in zwei Fünfzigfelder unterteilt. Die *a*- und *b*-Adern wurden an die *a*- und *b*-Kontakte verdrillt herangeführt, weil man bei getrennter Führung der Sprechadern Übersprechen befürchtete. Diese Maßnahme hat sich später als unnötig herausgestellt und ist inzwischen wieder aufgegeben worden.

Die dem Erdsystem anhaftenden Nachteile — insbesondere die Notwendigkeit einer Erdung bei jeder Sprechstelle — führten alsbald zur Entwicklung des sogenannten Schleifensystems, das mit den Vermittlungsstellen Liegnitz, Leipzig, Halle und Freiburg seinen Einzug in die Amtstechnik hielt und bis heute, wenn auch in



Ausführung 1908 | Ausführung 1909/10 | Ausführung 1924/25 | Ausführung 1927

Abb. 1. Entwicklung der Wählerbauformen von 1908 bis heute. Ganz rechts der heute verwendete Viereckwähler.

schaltungstechnisch und aufbaumäßig vielfach gewandelten Formen, die Wähltechnik beherrscht. Beim Schleifensystem werden die Einstellstromstöße durch Unterbrechung der Anschlußleitungsschleife gegeben, während die Umsteuerung der Kraftmagnete besonderen, unter dem Einfluß dieser Stromstöße stehenden Verzögerungsrelais übertragen ist. Das Berliner Schleifensystem, dessen Ausbau etwa von 1926 ab in größerem Ausmaß betrieben wurde, unterscheidet sich in der Schaltung von den anderen Systemen grundsätzlich insofern, als die Einstellstromstöße, die vom I. GW an die folgenden Wähler gegeben werden, nicht nur über eine Ader (die *a*-Ader), son-

Digitized by Google

dern über beide Sprechadern in symmetrischer Schaltanordnung übertragen werden. Dadurch sollte die Reichweite der Stromstoßgabe vergrößert und diese selbst etwaigen störenden Einflüssen durch Starkstromanlagen entzogen werden.

Der konstruktive Aufbau der einzelnen Wähler (Drehwähler und Hebdrehwähler) hat sich im Laufe der Jahre stark verändert, wenn auch die Grundgedanken die gleichen geblieben sind. Das Streben nach immer geringerem Raumbedarf hat der Wähler-Konstruktionstechnik das Gepräge gegeben (Abb. 1). Bei den heute einheitlich verwendeten Viereckwählern liegt das Einstellglied mitsamt den Kraftmagneten innerhalb des durch das gebogene Vielfachkontaktfeld gebildeten Sektors. Diese Anordnung wurde durch den Wegfall des Auslösemagneten ermöglicht, der entbehrlich wurde, weil die Kontaktarme bei der Auslösung nicht zurückschnellen, sondern weiterschreiten, um erst am Ende des Kontaktkranzes nach unten zu fallen und dann in die Ruhelage zurückzukehren (Viereckbewegung). Die Viereckwähler beanspruchen in Verbindung mit den neueren kleinen Vorwählern insgesamt nur halb so viel Raum wie die im Jahre 1922 gebräuchlichen Wähler (in Abb. 1 der zweite von links).

Bei kleinen Vermittelungsstellen bis zu 300 Teilnehmern werden statt der kostspieligen und mit ihren zehn Höhenschritten nur mangelhaft ausgenutzten 100teiligen Gruppenwähler einfache Drehwähler als Gruppenwähler benutzt. Die Schaltung dieser Wähler zeigt die Merkwürdigkeit, daß für die Einstellung auf eine bestimmte Gruppe nicht die Anzahl der Wählstromstöße sondern die Dauer des Scheibenablaufs maßgebend ist.

Die vor dem Weltkriege erbauten Wählvermittelungsstellen sind mit Ausnahme der alten OB-Einrichtung in Hildesheim noch heute in Betrieb. Sie können, obwohl ihnen manche spätere Verbesserung in der Bauart der Wähler und Relais sowie in den Schaltungen fehlt, bei ausreichender Pflege in einem Zustand erhalten werden, der den Erfordernissen des Betriebes durchaus genügt. Wahrscheinlich wird ihre Lebensdauer 30 Jahre weit überschreiten. Auch die Einrichtung in Hildesheim ist nicht infolge Überalterung unbrauchbar geworden, sondern mußte aus technischen Zweckmäßigkeitsgründen im Jahre 1924 gegen eine neuzeitliche Einrichtung ausgewechselt werden.

Auch im Fernverkehr können Wähler mit Vorteil verwendet werden. Beispielsweise kann man in Fällen, wo mehrere kleine Leitungsbündel in annähernd gleicher Richtung von einem Fernamt zu verschiedenen Vermittelungsstellen verlaufen, diese schlecht ausgenutzten Bündel durch Einschaltung von Wählern an einem geeigneten Unterwegsort zu größeren und daher besser ausgenutzten Bündeln zusammenfassen. Von diesem Verfahren macht die Deutsche Reichspost bei der Anschließung von kleinen Ortsvermittelungsstellen an ihre entfernt liegenden Fernämter (im sogenannten Überweisungsverkehr) ausgiebig Gebrauch. Ob der Fernverkehr auch auf große Entfernungen in ähnlicher Weise zusammengefaßt werden wird, läßt sich zur Zeit noch nicht übersehen.

Abgesehen vom Überweisungsverkehr werden bei der Deutschen Reichspost Wähler im Fernverkehr noch für die Fernwahl und für den Selbstwählfernverkehr benutzt.

Bei der Fernwahl stellen die Beamtinnen eines Fernamts über eine Fernleitung hinweg Verbindungen zum Ortsnetz eines anderen Fernamts (oder zu weiteren daran angeschlossenen Ortsnetzen) mit Hilfe der Nummernscheibe selbst her, ohne daß eine zweite Fernbeamtin (an der Ankunftsseite) dabei mitzuwirken braucht. Die Fernleitungen werden zu diesem Zweck an ihren Enden mit Wählern beschaltet, die mit Gleich- oder Wechselstromzeichengabe gesteuert werden. Der Einschaltung von Verstärkern in beliebiger Anzahl in solche Leitungen stehen zur Zeit noch einige Schwierigkeiten entgegen. Die Fernwahl erstreckt sich daher im allgemeinen nicht auf den Weitverkehr. Nach außen tritt die Fernwahl nicht in die Erscheinung, da ja nicht der Teilnehmer selbst, sondern die Fernbeamtin die Wählverbindung herstellt.

Anders beim Selbstwählfernverkehr: Dort fällt jede Vermittelungstätigkeit durch eine Fernbeamtin weg. Die Teilnehmer erreichen vielmehr die Sprechstellen in einem Umkreise von 100 bis 150 km unmittelbar mit Hilfe ihrer Nummernscheibe. Der Rufnummer der gewünschten Sprechstelle muß dabei eine den fernen Ort kennzeichnende Kennzahl vorangesetzt werden. Die einzelnen Ziffern der Kennzahl bestimmen entsprechend dem sternförmigen Aufbau des Leitungsnetzes nacheinander die Netzgruppe, das Knotenamt innerhalb der Netzgruppe und endlich die gewünschte Vermittelungsstelle selbst. Die Gesprächsgebühren werden selbsttätig durch mehrmaliges Weiterschalten des für den Ortsverkehr vorhandenen Gesprächszählers erfaßt; die Zählstromstöße werden dabei in einer Zahl, die der Dauer des Gesprächs und der Entfernung der beiden Orte voneinander entspricht,

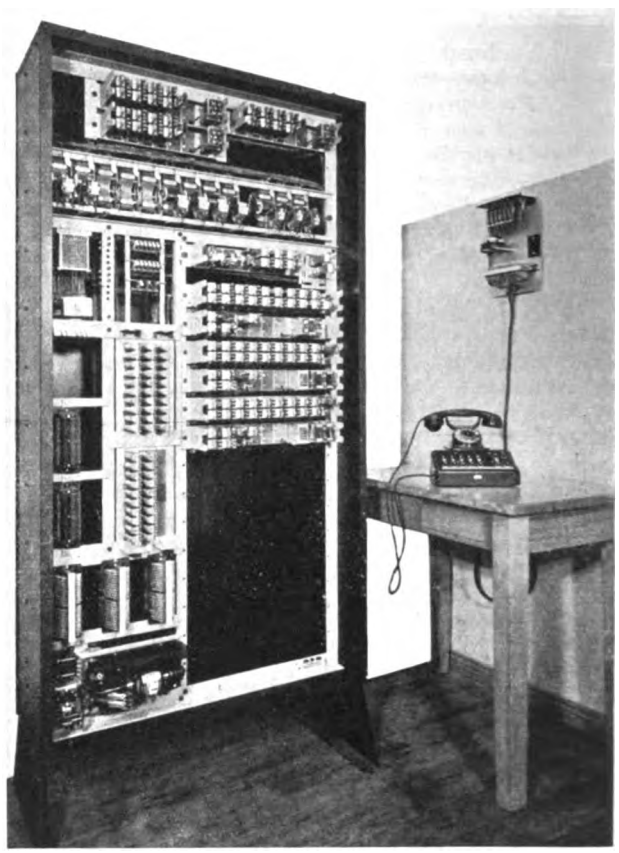


Abb. 2. Wählnebenstellenanlage der Deutschen Reichspost zu 2 Amtsleitungen und 25 Nebenstellen, erweiterungsfähig auf 5 Amtsleitungen (Schutzverkleidung und -kappen sind entfernt).

von einem besonderen, ziemlich verwickelten Schaltwerk, dem Zeitzonenzähler, nach dem Gesprächszähler gesandt. Die Reichweite des Selbstwählfernverkehrs[1]) wird einstweilen im wesentlichen durch die Forderung nach verstärkerlosem Betrieb begrenzt. Die Tonfrequenzwahl-Schaltungen, die die Einschaltung einer beliebigen Zahl von Verstärkern zulassen, sind zur Zeit noch so kostspielig, daß ihre allgemeine Anwendung noch nicht ins Auge gefaßt werden kann.

Die Wähltechnik hat sich in den letzten Jahren auch mehr und mehr der Nebenstellenanlagen bemächtigt. Mit

[1]) Der Selbstwählfernverkehr besteht in einer Reihe von Verkehrsbeziehungen in Süddeutschland seit mehreren Jahren. In Norddeutschland werden dem bereits bestehenden Selbstwählfernverkehr zwischen Rostock und Warnemünde demnächst weitere Selbstwählbeziehungen im Gebiet um Sangerhausen und Eisleben folgen.

Digitized by Google

Hilfe der Wähler ist es gelungen, die überaus zahlreichen Wünsche der Inhaber solcher Anlagen in geradezu vollkommener, kaum noch zu überbietender Weise zu erfüllen. Außer dem Abfragen der vom Amt her eingehen-

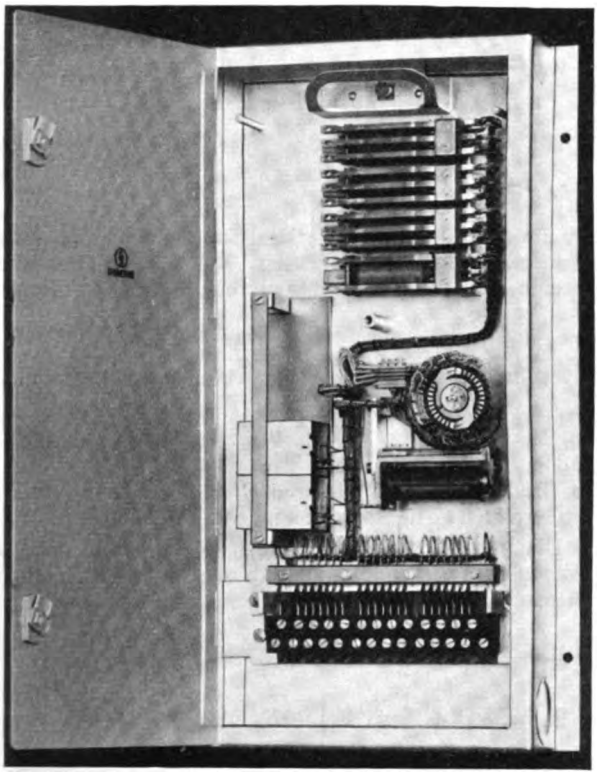


Abb. 3. Gemeinschaftsumschalter mit auswechselbarem Relaissatz (geöffnet).

den Anrufe geht bei Wähl-Nebenstellenanlagen alles selbsttätig vor sich. Die ankommenden Verbindungen werden zwar von der Bedienungsperson abgefragt, sie werden dann aber über Wähler zu den Sprechstellen geleitet, so daß die Hauptstelle das äußere Bild eines einfachen Sprechapparates mit einigen Lampen und Tasten gewinnt (Abb. 2). Die Durchwahl vom Amt her über die Hauptstelle hinweg bis zu den Nebenstellen wird aus verschiedenen weniger technischen als betrieblichen Gründen n i c h t vorgesehen.

Die Technik der Nebenstellenanlagen verlangt zur Erfüllung ihrer zahlreichen Forderungen im allgemeinen vielarmige Wähler. In dieser Hinsicht tritt zur Zeit ein neuartiger Wähler, der sogenannte Motorwähler, mehr und mehr in den Vordergrund. Der Motorwähler vereinigt in sich die Vorzüge der Drehwähler (mehr als dreiarmige Einstellglieder) und der Hebdrehwähler (100teiliges Kontaktfeld in Zehnerteilung). Er ist ein Drehwähler mit 10 Gruppen zu je 10 Kontakten. Bei der Einstellung auf die gewünschte Zehnergruppe schaltet er, angetrieben von einem motorartigen kleinen Schaltwerk, unmittelbar von Gruppe zu Gruppe weiter, dabei also jedesmal 10 Kontakte überspringend. Die Deutsche Reichspost wird den Motorwähler in den vorher erwähnten Zeitzonenzählern des Selbstwählfernverkehrs sowie als Gruppen- und Leitungswähler in einer mittelgroßen Ortsvermittelungsstelle demnächst versuchsweise verwenden.

Endlich sind auch in der Technik der Sprechstellen infolge der Verwendung von Wählern umwälzende Fortschritte zu verzeichnen. Drehwähler einfachster Bauart, deren Antriebsmagnet relaisartig ausgestaltet ist und daher keine örtliche Batterie erfordert, haben die Herstellung von Gemeinschaftsanschlüssen[2]) ermöglicht. Bei diesen werden bis zu 10 günstig zueinander gelegene Sprechstellen unter Zwischenschaltung eines Gemeinschaftsumschalters (Abb. 3) an eine einzige Anschlußleitung herangeführt. Jeder Sprechstelle ist dabei auf dem Amt ein eigener Gesprächszähler zugewiesen. Der erwähnte Drehwähler sorgt dafür, daß bei abgehenden Gesprächen die Anschlußleitung der den Hörer abnehmenden Sprechstelle selbsttätig zugewiesen wird. Bei ankommenden Gesprächen schaltet er diejenige Sprechstelle der Anschlußleitung zu, die durch eine der eigentlichen Anschlußnummer angehängte Nachwahlziffer bestimmt worden ist. Daß die Sprechstellen sich nicht gegenseitig belauschen können, ist selbstverständlich.

[2]) Gegenwärtig werden die Gemeinschaftsanschlüsse noch im Ortsnetz Magdeburg technisch und betrieblich erprobt; ihre allgemeine Einführung hängt von dem Ausfall dieses Probebetriebes ab.

Hilfsnomogramme zur genauen Berechnung der Spannungsregelung und der Verluste in langen Fernleitungen.

Von **H. Fransén**, Stockholm.

621. 315. 17. 0127

Übersicht. Die Arbeit bringt einen einfachen Weg, nach dem man das übliche, für längere Leitungen nur annähernd richtige Ersatzbild in TT-Form für die genaue Berechnung der Spannungsregelung und der Verluste durch Einführung von auf das Ersatzbild abgestimmten Leitungskonstanten brauchbar machen kann.

Man berechnet die Daten langer Fernleitungen in erster Annäherung mit Hilfe eines Ersatzstromkreises, der in Abb. 1 dargestellt ist. Bezeichnet man mit

R_0 den Wirkwiderstand in Ohm (Ω) je km und Leitungsstrang,

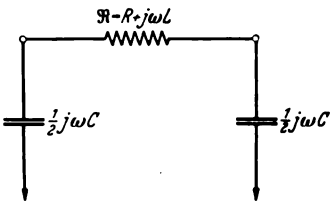
L_0 Selbstinduktivität in Henry (H) je km und Leitungsstrang,

ω die Kreisfrequenz $2\pi f$,

ωL_0 den induktiven Blindwiderstand in Ohm je km und Leitungsstrang,

C_0 die Kapazität in Farad (F) je km und Leitungsstrang,

ωC_0 den kapazitiven Blindleitwert in Siemens (S) je km und Leitungsstrang,



Scheinwiderstand $\Re = R + j\omega L$ (Ω) konzentriert angenommen. Blindleitwert $j\omega C$ (S) je zur Hälfte am Anfang und Ende der Leitung konzentriert angenommen.

Abb. 1. Übliches Ersatzbild für eine lange Leitung in TT-Form.

so erhält man die in Abb. 1 aufgenommenen Größen R, X, ωC durch Multiplikation der Größen R_0, X_0 und ωC_0 mit

Digitized by Google

der Streckenlänge l. Es gilt also für die neuen Größen der Leitung

$$R = R_0\, l$$
$$\omega L = \omega L_0\, l$$
$$\omega C = \omega C_0\, l.$$

Bei einer Übertragungsleitung mäßiger Länge läßt der Ersatzstromkreis die elektrischen Eigenschaften der Fernleitung, wie den Zusammenhang zwischen Spannung und Wirk- bzw. Blindleistung in den Endpunkten der Leitung verhältnismäßig genau ermitteln. Hätte man die Kenngrößen der Leitung aus einem anderen Ersatzschaltbild, wie es Abb. 2 wiedergibt, ermittelt, so würde man zu ganz anderen Ergebnissen kommen, wenn die Leitung einigermaßen lang ist. Die nach Abb. 2 ermittelten Leerlaufverluste würden doppelt so hoch wie die nach Abb. 1 errechneten werden.

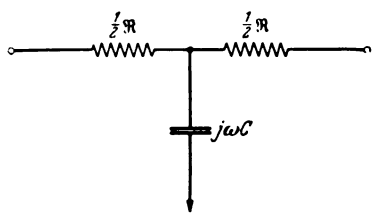
Die genauen Beziehungen zwischen Spannung und Strom ergeben sich nach den bekannten Heavisideschen Gleichungen für lange Leitungen. Bezeichnet man mit $\mathfrak{U}_a$ und $\mathfrak{J}_a$ Spannung und Strom am Anfang der Leitungen bzw. mit $\mathfrak{U}_e$ und $\mathfrak{J}_e$ am Ende, so gilt bekanntlich

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{U}_a &= \mathfrak{U}_e \operatorname{Cof} \sqrt{\mathfrak{R}\mathfrak{G}} + \mathfrak{J}_e \sqrt{\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{G}}} \operatorname{Sin} \sqrt{\mathfrak{R}\mathfrak{G}} \\ \mathfrak{J}_a &= \mathfrak{J}_e \operatorname{Cof} \sqrt{\mathfrak{R}\mathfrak{G}} + \mathfrak{U}_e \sqrt{\frac{\mathfrak{G}}{\mathfrak{R}}} \operatorname{Sin} \sqrt{\mathfrak{R}\mathfrak{G}}\end{aligned}\right\}. \qquad (1)$$

Hierin bedeuten:

$$\mathfrak{R} = \mathfrak{R}_0\, l = (R_0 + j\,\omega\, L_0)\, l$$
$$\mathfrak{G} = \mathfrak{G}_0\, l = (G_0 + j\,\omega\, C_0)\, l.$$

G_0 den Wirkleitwert in Siemens (S) je km und Leitungsstrang.

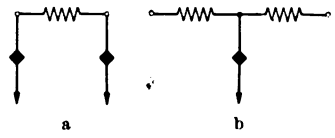


Scheinwiderstand $\mathfrak{R} = R + j\,\omega\, L$ (Ω) je zur Hälfte vor und hinter dem in der Mitte der Leitung konzentriert angenommenen Blindleitwert $j\,\omega\, C$ (S) verteilt.

Abb. 2. Anderes Ersatzbild für eine lange Leitung in T-Form.

Eine unmittelbare Anwendung dieser Gleichungen führt zu umständlichen Zahlenrechnungen. Deshalb sind verschiedene, oft recht flüssige Verfahren angegeben worden, die sich auf eine graphische Lösung der Aufgabe der Spannungsregelung beschränken, sie arbeiten gewöhnlich mit Hilfe von Nomogrammen. In diesen geht man von den Strom- und Spannungswerten an dem einen Ende der Leitung aus und kann die entsprechenden Größen am anderen Leitungsende unmittelbar ablesen. Das bei solchen Hilfsverfahren oft aufsteigende Gefühl einer gewissen Unsicherheit veranlaßt den Betriebsmann, das übliche Verfahren ungeachtet seiner mangelnden Genauigkeit den erwähnten genauen graphischen Verfahren vorzuziehen.

Verwendet man das Ersatzbild nach Abb. 1, so kann man zur graphischen Darstellung der Spannungsregelung ebenso die bekannten, bequemen und übersichtlichen Kreisnomogramme für die Beziehungen zwischen Wirk- und Blindbelastung in den Endpunkten beliebig langer Leitungen bei wechselnder Spannung verwenden, wenn man nur die Konstanten des Ersatzkreises so bestimmt, daß er der Leitung genau entspricht. Es gilt nämlich allgemein und somit auch für eine Leitung mit gleichmäßig verteilter Selbstinduktion und Kapazität, daß elektrische Stromkreise mit geradliniger Magnetisierungskurve, die mit Wechselstrom konstanter Frequenz betrieben werden, für die Berechnung der Beziehungen zwischen Spannung und Strom in den Endpunkten der Leitung durch einen Ersatzstromkreis, bestehend aus höchstens drei Scheinwiderständen, genau ersetzt werden können. Diese können so, wie in der Abb. 3 gezeigt ist, angeordnet werden. Der Stromkreis in der Form der Abb. 3 a stellt eine gute Annäherung



a) Π-Form
b) T-Form

Abb. 3. Ersatzbilder eines beliebigen Stromkreises.

dar, die für die elektrische Berechnung einer Kraftübertragung am besten geeignet ist. Ein solcher Ersatzkreis für eine Freileitung besteht aus einem Scheinwiderstand

$$\mathfrak{R}' = R' + j\,\omega\, L'$$

weiterhin aus einem Scheinleitwert in jedem Endpunkt

$$\frac{1}{2}\,\mathfrak{G}' = \frac{1}{2}\,(G' + j\,\omega\, C').$$

Die Größen $\mathfrak{R}'$, $\mathfrak{G}'$, R', L' und C' bezeichnen wir als die äquivalenten Konstanten der Leitung.

Die zugehörigen Gleichungen für Spannungen und Stromstärken in den Endpunkten eines solchen Stromkreises sind:

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{U}_e &= \mathfrak{U}_e \left(1 + \frac{1}{2}\,\mathfrak{R}'\,\mathfrak{G}'\right) + \mathfrak{J}_e\,\mathfrak{R}' \\ \mathfrak{J}_a &= \mathfrak{J}_a \left(1 + \frac{1}{2}\,\mathfrak{R}'\,\mathfrak{G}'\right) + \mathfrak{U}_a\,\mathfrak{G}' \left(1 + \frac{1}{4}\,\mathfrak{R}'\,\mathfrak{G}'\right)\end{aligned}\right\}. \qquad (2)$$

Aus diesen Gleichungen und den Gleichungen nach Heaviside (1) erhält man

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{R}' &= \sqrt{\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{G}}} \cdot \operatorname{Sin} \sqrt{\mathfrak{R}\,\mathfrak{G}} \\ \mathfrak{G}' &= 2 \sqrt{\frac{\mathfrak{G}}{\mathfrak{R}}}\, \mathfrak{T}\mathfrak{g}\, \frac{1}{2} \sqrt{\mathfrak{R}\,\mathfrak{G}}\end{aligned}\right\}. \qquad (3)$$

Trotzdem durch Entwicklung dieser Gleichungen, wobei die reellen und imaginären Glieder beiderseits des Gleichheitszeichens jeweils gleichgesetzt werden, die Werte R', $\omega L'$, G' und $\omega C'$ z. B. durch Verwendung der graphischen Tafeln der hyperbolischen Funktionen komplexer Größen von Kennelly einigermaßen bequem ermittelt werden können, bleibt doch für den Betriebsingenieur im allgemeinen ein gewisses Unsicherheitsgefühl bezüglich der Genauigkeit der Ergebnisse bestehen. Deshalb ist ein einfacheres Verfahren zur Ermittlung der äquivalenten Konstanten des Ersatzkreises aus den tatsächlichen Leitungskonstanten wünschenswert, das jederzeit eine Nachprüfung der Genauigkeit gestattet. Damit würde das genaue Berechnungsverfahren so bequem, daß man vom Arbeiten mit Annäherungen absehen kann, deren Genauigkeit in bezug auf die Ergebnisse nur schätzungsweise angegeben werden kann. Ein solches Verfahren wird durch die Nomogramme nach Abb. 4 a bis d ermöglicht.

Die Herleitung der Nomogramme geht aus dem weiter unten in Kleindruck beigefügten Abschnitt hervor. Es soll hier nur hervorgehoben werden, daß in der Herleitung eine Annahme gemacht ist, welche die Brauchbarkeit der Nomogramme auf Freileitungen beschränkt. Die Nomogramme sind nämlich unter der Voraussetzung aufgestellt, daß der Wirklichkeitswert der Ableitung G gleich Null ist. Das verwandte Verfahren kann allerdings dahin entwickelt werden, daß auch der Wert G miteingeschlossen wird, jedoch muß man dann auf die hier vorhandene bequeme Form der Nomogramme verzichten. Bei Freileitungen kann die Ableitung bekanntlich vernachlässigt werden, während dies bei Kabeln keinesfalls zulässig ist. Da die

Digitized by Google

vorstehenden Ausführungen sich nur auf Freileitungen beziehen, ist also die Vernachlässigung zulässig.

Aus den Gleichungen (3) läßt sich durch Auflösen nach den Ausdrücken $(\mathfrak{R}'\mathfrak{G})$ und $(\mathfrak{G}':\mathfrak{G})$ unter Verwendung der Bedeutung von $\mathfrak{R}$, $\mathfrak{R}'$, $\mathfrak{G}$ und $\mathfrak{G}'$ als Summen von Wirk- und Blindwiderständen ein Gleichungspaar (4) aufstellen, indem die Abkürzungen a und b wie folgt eingeführt werden:

$$\omega C \omega L - G R = a$$
$$\omega C R + \omega L G = b.$$

Das Gleichungspaar lautet dann:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{R}'\mathfrak{G} &= -\sqrt{a - j b}\,\sin\sqrt{a - j b} \\ \frac{\mathfrak{G}'}{\mathfrak{G}} &= \frac{\operatorname{tg}\frac{1}{2}\sqrt{a - j b}}{\frac{1}{2}\sqrt{a - j b}} \end{aligned}\right\}. \qquad (4)$$

Wird in der Taylorschen Reihe in dem Ausdruck $f(a + \Delta a)$ für Δa die Größe $(-j b)$ gesetzt und führt man die Beziehungen ein:

$$\varphi(a) = \sqrt{a}\,\sin\sqrt{a}$$
$$\psi(a) = \frac{\operatorname{tg}\frac{1}{2}\sqrt{a}}{\frac{1}{2}\sqrt{a}},$$

so folgt schließlich:

$$\left.\begin{aligned} -\mathfrak{R}'\mathfrak{G} &= \varphi(a) - \frac{b^2}{2!}\varphi''(a) + \frac{b^4}{4!}\varphi^{4\prime}(a) - \dots. \\ &\quad - j\left[\frac{b}{1!}\varphi'(a) - \frac{b^3}{3!}\varphi'''(a) + \frac{b^5}{5!}\varphi^{5\prime}(a) - \dots.\right] \\ \frac{\mathfrak{G}'}{\mathfrak{G}} &= \psi(a) - \frac{b^2}{2!}\psi''(a) + \frac{b^4}{4!}\psi^{4\prime}(a) - \dots. \\ &\quad - j\left[\frac{b}{1!}\psi'(a) - \frac{b^3}{3!}\psi'''(a) + \frac{b^5}{5!}\psi^{5\prime}(a) - \dots\right] \end{aligned}\right\}. \qquad (5)$$

Diese Reihen sind verhältnismäßig leicht zu entwickeln. Da man bei Freileitungen im gewöhnlichen Betriebsfall die Ableitung G ohne merklichen Fehler vernachlässigen kann, so ergeben sich für a und b einfache Ausdrücke a_1 und b_1 und damit für die Gleichungsgruppe (5) einfachere Beziehungen. Die Korrekturfaktoren, die zwischen den tatsächlichen Größen der Freileitung (R, L, C) und den „äquivalenten Konstanten" der Leitung (R', L', C') vermitteln, bestimmen sich unter Verwendung von

$$a_1 = \omega^2 L C$$
$$b_1 = \omega C R$$

zu:

$$\left.\begin{aligned} \frac{R'}{R} &= \frac{1}{b_1}\left[\frac{b_1}{1!}\varphi'(a_1) - \frac{b_1^3}{3!}\varphi'''a_1) + \frac{b_1^5}{5!}\varphi^{5\prime}(a_1) - \dots\right] \\ \frac{L'}{L} &= \frac{1}{a_1}\left[\varphi(a_1) - \frac{b_1^2}{2!}\varphi''(a_1) + \frac{b_1^4}{4!}\varphi^{4\prime}(a_1) - \dots.\right] \\ \frac{C'}{C} &= \psi(a_1) - \frac{b_1^2}{2!}\psi''(a_1) + \frac{b_1^4}{4!}\psi^{4\prime}(a_1) - \dots. \end{aligned}\right\}. \qquad (6)$$

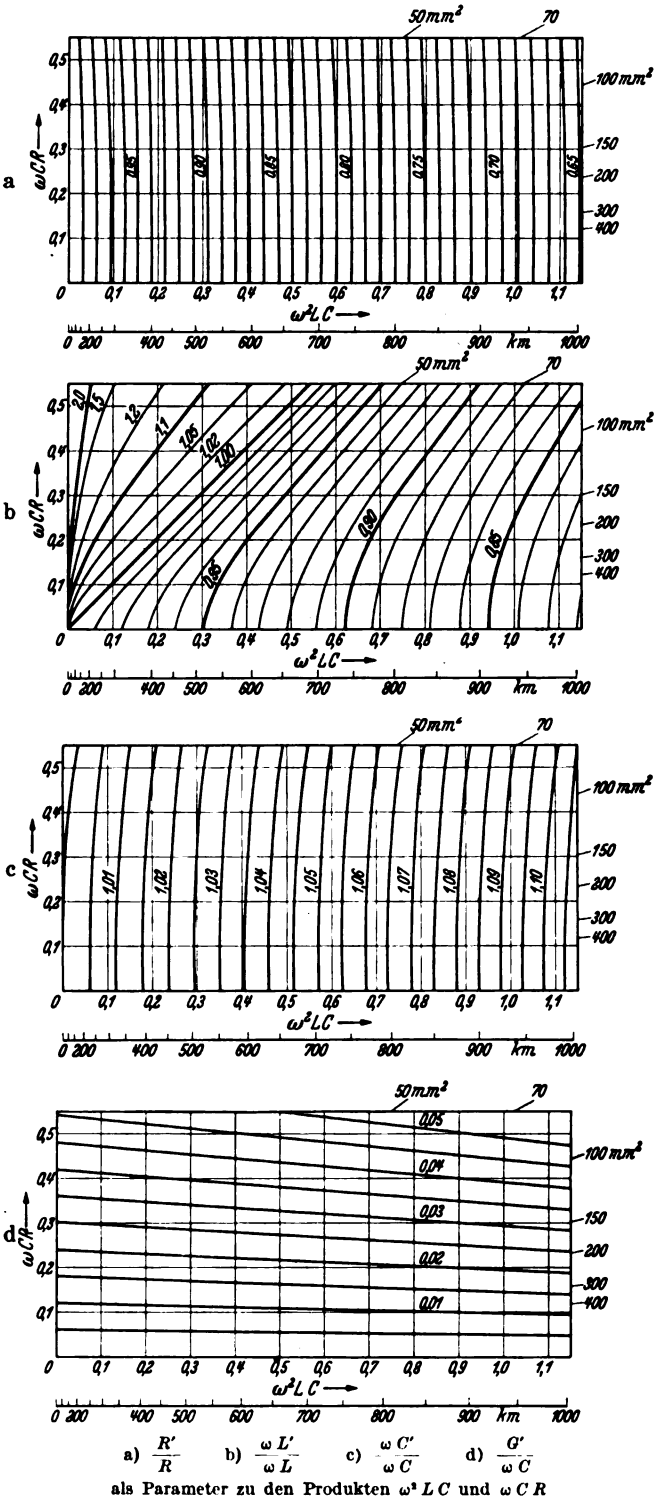
$$\frac{G'}{\omega C} = \frac{b_1}{1!}\psi'(a_1) - \frac{b_1^3}{3!}\psi'''(a_1) + \frac{b_1^5}{5!}\psi^{5\prime}(a_1) - \dots. \qquad (6a)$$

Für eine Freileitung, die mit 50 Hz betrieben wird und 1000 km lang ist, hat a_1 etwa den Wert 1,1, und auch bei dem denkbar kleinsten Verhältnis zwischen Kupferquerschnitt und Leitungslänge übersteigt b_1 den Wert 0,4 nicht. Für betriebsmäßige Rechnungen kann man sich also auf die Gebiete

$$0 < a_1 < 1{,}5$$
$$0 < b_1 < 0{,}5$$

beschränken. Die Reihen für die Korrekturfaktoren in Gleichungsgruppe (6) konvergieren für diese Größenbereiche von a_1 und b_1 sehr rasch. Auf diesen Rechnungen und mit Hilfe von Interpolationen sind, wie schon erwähnt, die Nomogramme der Abb. 4 a bis d aufgebaut.

Als unabhängige Veränderliche kommen in den Nomogrammen die aus den tatsächlichen Konstanten hergeleiteten Produkte $\omega C R$ und $\omega^2 L C$ vor. Die Berechnung des äquivalenten Stromkreises mit Hilfe der Nomogramme erfolgt somit in der folgenden einfachen Weise. Zuerst werden die Leitungskonstanten je Längeneinheit in der üblichen Weise bestimmt. Darauf werden die tatsächlichen Konstanten für die ganze Leitung durch Multi-



a) $\frac{R'}{R}$ b) $\frac{\omega L'}{\omega L}$ c) $\frac{\omega C'}{\omega C}$ d) $\frac{G'}{\omega C}$
als Parameter zu den Produkten $\omega^2 L C$ und $\omega C R$

Abb. 4. Hilfsnomogramme zur Berechnung langer Leitungen.

plikation der genannten Konstanten mit der Leitungslänge berechnet. Dadurch sind die Werte der Konstanten R, ωL und ωC bestimmt. Nun werden die Produkte $\omega C R$ und $\omega^2 L C$ gebildet. Durch Aufsuchen der entsprechenden Punkte in den Hilfsnomogrammen der Abb. 4 a bis d erhält man nach Interpolieren zwischen

Digitized by Google

den Niveaulinien die Korrekturfaktoren R'/R, $\omega L'/\omega L$, $\omega C'/\omega C$ und $G'/\omega C$. Der Umstand, daß der letztgenannte Korrekturfaktor das Verhältnis zwischen G' und ωC darstellt, hängt davon ab, daß G gleich Null angenommen wurde und daß deshalb eine andere Größe als G gewählt werden muß, um eine Vergleichsziffer für G' zu finden. Diese Korrekturfaktoren werden dann mit den tatsächlichen Konstanten multipliziert, und damit sind die äquivalenten Konstanten gefunden. Das ganze Verfahren erfordert kaum mehr Arbeit als das übliche Annäherungsverfahren, bei dem mit je der halben Leitungskapazität an jedem Leitungsende gerechnet wird und gibt für alle Berechnungsfälle eine Genauigkeit, die erheblich größer ist als bei den üblichen Annäherungsverfahren. Die tatsächlichen Leitungskonstanten treten in den Berechnungen und in den Nomogrammen 4 a bis d lediglich in Form der Produkte $\omega C R$ und $\omega^2 L C$ auf.

Zum leichteren Überblicken der Nomogramme sind an diese Leitungslängen und Querschnitte eingetragen, die für die praktisch wichtigen Werte beider Größen die Benutzung der Nomogramme erleichtern sollen. Sie beruhen auf folgender Überlegung: Bei Freileitungen gilt mit guter Annäherung für die Übertragungsgeschwindigkeit v:

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} \text{ km/s}, \tag{7}$$

in der L_0 und C_0, wie bereits erwähnt, auf die Länge von 1 km bezogen sind. Ersetzt man L_0 und C_0 durch L/l und C/l, so erhält man mittels Gleichung (7) eine Beziehung für $\omega^2 L C$

$$\omega^2 L C = \left(\frac{\omega l}{v}\right)^2. \tag{8}$$

Setzt man v gleich der Lichtgeschwindigkeit, also gleich 296 000 km/s und die Kreisfrequenz ω für die übliche Netzfrequenz 50 gleich 314, so folgt, wenn wir für den Zahlenwert von l die Größe $[l]$ setzen

$$\omega^2 L C = 1{,}13 \left(\frac{[l]}{1000}\right)^2. \tag{9}$$

Das Produkt $\omega^2 L C$ ist also bei gegebener Frequenz dem Quadrat der Leitungslänge p r o p o r t i o n a l. Daraus erklärt sich der Verlauf der nach Kilometer eingeteilten Hilfsskala unter der Abszissenachse.

Für das Produkt

$$\omega C R$$

liegen die Verhältnisse nicht so einfach wie beim Produkt

$$\omega^2 L C.$$

Da man bei Einfachfreileitungen normaler Ausführung, also solchen, bei denen Mastbild und Abstand, Seilquerschnitt, -durchmesser und -abstand für die gewählte Betriebsspannung übliche Werte haben und bei denen auch die übertragene Leistung für die gewählte Spannung sich in den üblichen Grenzen hält, ohne bemerkenswerte Fehler den Quotienten Widerstand zu Blindwiderstand als konstant für jeden Seilquerschnitt und jede Frequenz annehmen kann, ergeben sich für die verschiedenen Seilquerschnitte einfache Hilfslinien, aus denen man angenäherte Korrekturfaktoren bei Überschlagsrechnungen entnehmen kann.

Die Nomogramme in Abb. 4 enthalten eine zur Abszissenachse gehörige Längenskala (km) und ferner Grade durch den koordinaten Ursprung, deren Parameter der Seilquerschnitt ist. Diese Grade sind nur außerhalb der gezeichneten Nomogramme durch kurze Striche und Angaben des Querschnitts angedeutet.

Mit Rücksicht auf die oben gemachte Einschränkung sind diese Grade natürlich nicht bis zum Ursprung durchzuziehen, denn bei kürzeren Leitungslängen benutzt man verhältnismäßig niedrigere Spannungen, bei denen der Quotient Widerstand zu Blindwiderstand andere Werte hat als bei den üblichen Spannungen für längere Leitungen. Der Vorteil dieser Hilfslinien besteht außer der Bestimmung der Korrekturfaktoren bei Überschlagsrechnungen auch zur Kontrolle der mit Hilfe der Nomogramme durchgeführten genaueren Berechnung.

Die Linien für die Quotienten R'/R, $\omega L'/\omega L$ und $\omega C'/\omega C$ müssen sich für immer kürzer werdende Leitungen dem Wert Eins, die für den Quotienten $G'/\omega C$ dem Wert Null nähern.

Übrigens ist der Zusammenhang zwischen den Produkten $\omega C R$ und $\omega^2 L C$ und ihren Faktoren für praktische Verhältnisse so einfach, daß er durch Annäherungsformeln ersetzt werden kann, wenn die Nomogramme nicht zur Hand sind. Man kann nämlich unter Berücksichtigung von Gleichungen (5) und (9) für das Produkt R'/R (Abb. 4 a) in guter Annäherung schreiben:

$$\left.\begin{aligned} \frac{R'}{R} &= 1 - 0{,}31\,\omega^2 L C \\ &= 1 - 0{,}35 \left(\frac{[l]}{1000}\right)^2 \end{aligned}\right\}. \tag{10}$$

Entsprechend ergibt sich für den Quotienten $\omega L'/\omega L$ (Abb. 4 b) eine Annäherung, wenn man berücksichtigt, daß für längere Übertragungsleitungen nur Leitungsquerschnitte von 150 bis 400 mm² Querschnitt in Frage kommen. Man kann dann schreiben:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\omega L'}{\omega L} &= 1 - 0{,}15\,\omega^2 L C \\ &= 1 - 0{,}17 \left(\frac{[l]}{1000}\right)^2 \end{aligned}\right\}. \tag{11}$$

Die Näherungsrechnung ergibt sich nicht, wenn man etwa für eine Leitung Vergleichsrechnungen mit verschiedenen Querschnitten ausführen muß. In diesem Falle muß man auf die Nomogramme zurückgreifen.

Auch für den Quotienten $\omega C'/\omega C$ kann man eine entsprechende Näherungsformel aufstellen:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\omega C'}{\omega C} &= 1 + 0{,}09\,\omega^2 L C \\ &= 1 + 0{,}1 \left(\frac{[l]}{1000}\right)^2 \end{aligned}\right\}. \tag{12}$$

Für den Quotienten $G'/\omega C$ kann man in grober Annäherung schreiben:

$$\left.\begin{aligned} \frac{G'}{\omega C} &\approx 0{,}09\,\omega C R \\ &\approx 0{,}1 \frac{R_0}{\omega L_0} \left(\frac{[l]}{1000}\right)^2 \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

und in guter Annäherung:

$$\left.\begin{aligned} \frac{G'}{\omega C} &= (0{,}083 + 0{,}019\,\omega^2 L C)\,\omega C R \\ &= \frac{R_0}{\omega L_0} (0{,}083\,\omega^2 L C + 0{,}19\,\omega^4 L^2 C^2) \end{aligned}\right\}. \tag{14}$$

Als Beispiel für die Verwendung der Nomogramme sollen die Konstanten einer geplanten schwedischen Fernübertragung großer Leistung, und zwar einer unverzweigten Fernleitung zwischen S t a d s f o r s e n am Indalsälv-Flusse und V ä s t e r å s mit einer Länge von 420 km, bestimmt werden. Die Leitung soll für 220 kV, 50 Hz mit Kupferhohlseil von 225 mm² Querschnitt (25 mm Außendurchmesser) ausgeführt werden. Die Seile werden in eine Horizontalebene mit 7 m Phasenabstand verlegt. Bei einer solchen Leitung sind die tatsächlichen Konstanten die folgenden:

$R_0 = 0{,}0795$ Ω/km und Leitungsstrang	$R = 33{,}4$ Ω/Leitungsstrang
$\omega L_0 = 0{,}428$ Ω/km und Leitungsstrang	$\omega L = 180$ Ω/Leitungsstrang
$\omega C_0 = 2{,}66 \cdot 10^{-6}$ S/km und Leitungsstrang	$\omega C = 1118 \cdot 10^{-6}$ S/Leitungsstrang.

Digitized by Google

Die Produkte $\omega C R$ und $\omega^2 L C$ erhalten somit folgende Werte

$$\omega C R = 0{,}037$$

$$\omega^2 L C = 0{,}205.$$

Den Hilfsnomogrammen entnimmt man die vier Korrekturfaktoren

$$\frac{R'}{R} = 0{,}932 \qquad \frac{\omega C'}{\omega C} = 1{,}017$$

$$\frac{\omega L'}{\omega L} = 0{,}968 \qquad \frac{G'}{\omega C} = 0{,}0033$$

und daraus

$$R' = 31{,}2\ \Omega/\text{Phase} \qquad \frac{1}{2} G' = 1{,}88 \cdot 10^{-6}\ \text{S/Phase}$$

$$\omega L' = 175 \quad \text{„} \qquad \frac{1}{2} \omega C' = 566 \cdot 10^{-6} \quad \text{„}$$

Der Widerstand des äquivalenten Stromkreises weicht somit vom tatsächlichen um etwa 7 % ab. Die Abweichung des induktiven Blindleitwertes ist 3 %, diejenige des kapazitiven Blindleitwertes 2 %, wozu noch eine wahre Ableitung der Größe 1/3 % der des kapazitiven Blindleitwertes eingeführt wurde.

Bei der Berechnung der Spannungsregelung bringt die genaue Behandlung dieser Leitung tatsächlich ganz unbedeutende Abweichungen gegenüber dem üblichen Annäherungsverfahren.

Eine allgemeine Übersicht über die Spannungsregelungs- und Verlustfragen geben die allbekannten Kreisdiagramme der Überführung. Das übliche, angenäherte Ersatzbild gibt das Kreisdiagramm gemäß der Abb. 5 und das genau äquivalente Ersatzbild das Kreisdiagramm gemäß der Abb. 6. Beide Diagramme geben die Beziehungen zwischen der Spannung im

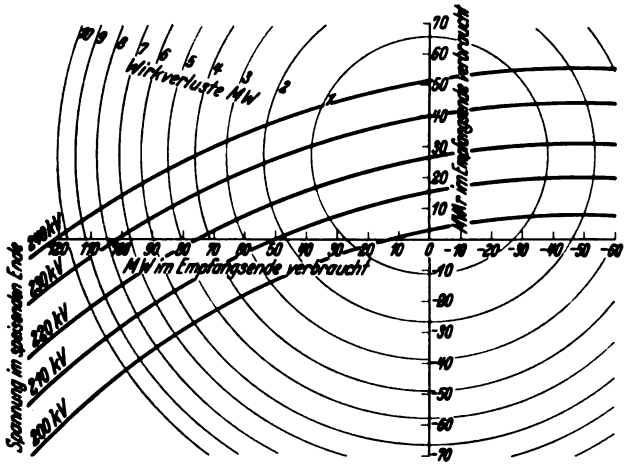


Abb. 5. Kreisdiagramm der 220 kV-Freileitung Stadsforsen—Västerås gemäß dem üblichen Ersatzbild. Spannung im Empfangsende konstant 220 kV.

speisenden Ende, der ausgenommenen Wirk- und Blindleistung im Empfangsende und den totalen Wirkverlusten an, alles unter Voraussetzung konstanter Empfangsspannung von 220 kV. Um einen genauen Vergleich zwischen den Angaben der verschiedenen Ersatzbilder zu erhalten, muß man die Diagramme in einem sehr großen Maßstab aufzeichnen, weil die Unterschiede sehr klein sind. Berechnungsmäßig ergibt sich u. a. folgendes.

Wir betrachten einen Leerlauffall. Wirkleistung wird im Empfangsende nicht verbraucht, und in beiden Enden der Leitung wird die Spannung 220 kV gehalten. Um dies zu ermöglichen, muß in dem Empfangsende eine gewisse Blindleistung ausgenommen werden. Diese ergibt sich nach dem angenäherten Ersatzbild genau als die von der am Empfangsende konzentrierten Kapazität der halben Leitungslänge produzierte Blindleistung, d. h. $559 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2$ MVA. Hierbei ist der Verbindungsscheinwiderstand stromlos und der Spannungsabfall gleich Null. — Nach dem genauen Ersatzbild ist der Längsscheinwiderstand nicht stromlos, es muß $1{,}88 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2$ MW vom speisenden Ende nach dem Empfangsende gehen, um die Verluste wegen der am Empfangsende konzentrierten fiktiven Ableitung zu decken. Damit kein Spannungsabfall erscheint, muß eine Blindleistung vom Empfangsende nach dem speisenden Ende fließen, die annähernd als

$$\frac{R}{\omega L} = \frac{31{,}2}{175{,}0} \cdot 1{,}88 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2 = 0{,}016 \quad [\text{MVA}]$$

berechnet wird. Also ergibt sich die im Empfangsende zu verbrauchende Blindleistung als $566 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2 - 0{,}016$ MVA. Der Unterschied zwischen der üblichen und der genauen Berechnung wird also

$$(566 - 559) \cdot 10^{-6} \cdot 220^2 - 0{,}016 = 0{,}322\ \text{MVA, d. h. } 1{,}2\ \%.$$

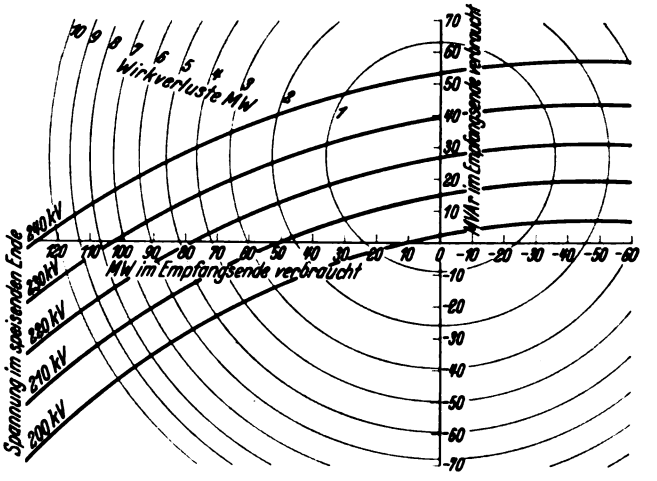


Abb. 6. Kreisdiagramm der 220 kV-Freileitung Stadsforsen—Västerås gemäß dem genauen Ersatzbild. Spannung im Empfangsende konstant 220 kV.

Die Wirkverluste werden nach dem angenäherten Verfahren gleich Null, nach dem genauen Verfahren

$$2 \cdot 1{,}88 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2 + 31{,}2 \frac{(1{,}88 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2)^2 + 0{,}016^2}{220^2}$$

$$= 0{,}182 + \sim 0 = 0{,}182\ \text{MW}.$$

Für den Belastungsfall, worin bei 220 kV in beiden Leitungsenden 100 MW überführt werden, kann man schon aus den Kreisdiagrammen in der Skala der Abb. 5 und 6 gewisse Unterschiede bemerken. Im Empfangsende muß eine Blindleistung in die Leitung hinausgespeist werden, die sich im Diagramm 5 als 14,5 MVA, im Diagramm 6 als 12,2 MVA ergibt. Die rechnerische Kontrolle gibt dasselbe Ergebnis. Die Wirkverluste werden nach dem angenäherten Verfahren gemäß dem Diagramm 5 8,1 MW (genau 8,09 MW), nach dem Diagramm 6 7,6 MW (genau 7,65 MW). Der Unterschied ist 440 kW, d. h. etwa 6 %.

Im gewählten Beispiel, welches sich immerhin auf eine Übertragung großen Stiles bezieht, stellt sich somit heraus, daß das bei kurzen Leitungen übliche Rechenverfahren nach der in Abb. 1 wiedergegebenen Ersatzschaltung tatsächlich noch zu einem ziemlich richtigen Ergebnis führt. Das genauere Verfahren mit den äquivalenten Größen bietet deshalb erst bei noch größeren Leitungslängen wesentlich erhöhte Genauigkeit, sollte aber bereits bei mäßigen Leitungslängen verwendet werden, wenn dies mit den hier vorgelegten einfachen Hilfsmitteln möglich ist, da man im allgemeinen nicht im voraus entscheiden kann, wann die Fehler nicht mehr vernachlässigbar sind.

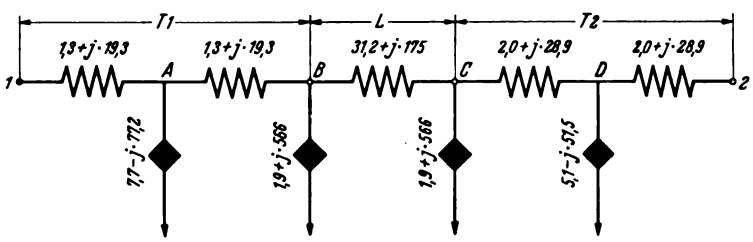
Das hier beschriebene Verfahren bietet einen weiteren Vorteil, den die strengen Rechenverfahren nicht besitzen, der aber in der Praxis von großer Bedeutung ist. Der äquivalente Stromkreis der Fernleitung gestattet nämlich bei der Berechnung der Spannungsregelung und Verluste einer Übertragung die Zusammenstellung mit ähnlichen äquivalenten Stromkreisen anderer Abschnitte des Übertragungssystems (z. B. Leitungsabschnitte und Umspanner), ohne daß die Aufgabe dabei für jeden Ein-

Digitized by Google

zelteil behandelt werden muß. Ein solches Übertragungssystem kann nämlich wieder durch einfaches numerisches Rechnen in einen einzigen äquivalenten Stromkreis in ΠΠ-Form reduziert werden. Hierfür soll ein weiteres Beispiel behandelt werden, bei dem eine Fernleitung mit je einem Umspanner am Anfang und Ende gewählt werden soll.

Bei der als Beispiel gewählten Übertragung Stadsforsen-Västerås würde man gleich große Umspannerleistungen an den beiden Enden der Übertragung annehmen. Zur Erläuterung des Ganges der Berechnung im allgemeinen Falle wird ein Netzbild zur Durchrechnung gewählt, bei dem 100 MVA Umspannerleistung am Ende abgenommen werden und am Anfang 150 MVA zur Verfügung stehen. Die Umspanner haben nach der Annahme 12 % Kurzschlußspannung, 0,8 % ohmschen Spannungsabfall, 2,5 % Leerlaufstrom und 0,25 % Leerlaufverluste und sind ferner so ausgeführt, daß die Anteile der Ober- und Unterspannungswicklungen im Kurzschlußwiderstand gleich groß sind.

Wird der äquivalente Stromkreis der Leitung, wie er nach dem Aufsatze errechnet wurde, mit denjenigen der Umspannergruppen zusammengestellt, erhält man das Netzbild nach Abb. 7. Dieses soll nun zur ΠΠ-Form vereinfacht werden.



T_1 Umspannergruppe I 220 kV 150 MVA
L Fernleitung 220 kV 420 km
T_2 Umspannergruppe II 220 kV 100 MVA

Die waagerechten Zahlen bedeuten Scheinwiderstände in Ω, die senkrechten Scheinleitwerte in μS.

Abb. 7. Beispiel einer Zusammenstellung von drei Einzelgruppen, zweier Umspanner und der dazwischenliegenden Fernleitung.

Selbstverständlich kann dies durch aufeinanderfolgende Berechnungen mit Hilfe üblicher Formeln für Reihen- und Parallelschaltung von Scheinwiderständen erfolgen. Besonders in den Fällen, wo mit vielen Querwiderständen gerechnet werden muß, dürfte man doch Zeit gewinnen und vor allen Dingen Übersichtlichkeit durch das im folgenden beschriebene Verfahren erzielen.

Man berechnet dazu zunächst die Kurzschluß- und Leerlaufverhältnisse beim noch nicht vereinfachten Netzbild und bestimmt die Konstanten für das vereinfachte Netzbild so, daß die Kurzschluß- und Leerlaufverhältnisse unverändert bleiben. Zu diesem Zwecke setzt man für den Punkt *1* der Abb. 7 die Spannung $\mathfrak{U}_1 = 0$ und die Stromstärke $\mathfrak{J}_1 = 100$ (Kurzschluß in Punkt *1*) und bestimmt rechnerisch die Spannung $\mathfrak{U}_{2\kappa}$ und die Stromstärke $\mathfrak{J}_{2\kappa}$ im anderen Endpunkt. Darauf setzt man $\mathfrak{U}_1 = 100$, $\mathfrak{J}_1 = 0$ (die Leitung im Punkte 1 offen) und erhält aus der weiteren Rechnung die Spannung $\mathfrak{U}_{2\lambda}$ und die Stromstärke $\mathfrak{J}_{2\lambda}$ im Punkte *2*. Die Konstanten $\mathfrak{G}_1$, $\mathfrak{G}_2$ und $\mathfrak{R}$ (Abb. 8) des äquivalenten Stromkreises sollen solche sein, daß

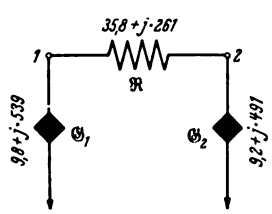


Abb. 8. Äquivalenter Stromkreis in ΠΠ-Form des Netzbildes von Abb. 7.

die Strom- und Spannungsverhältnisse in den Punkten *1* und *2* in beiden Fällen mit den für das vereinfachte Netzbild errechneten Werten übereinstimmen. Im Kurzschlußfalle erhält man, wenn man $\mathfrak{U}$ in V, $\mathfrak{J}$ in A, $\mathfrak{R}$ und $\mathfrak{G}$ in Ω mißt:

$$100\,\mathfrak{R} = \mathfrak{U}_{2\kappa} \tag{1}$$

$$100 + \mathfrak{U}_{2\kappa} \cdot \mathfrak{G}_2 = \mathfrak{J}_{2\kappa} \tag{2}$$

und für den Leerlauffall

$$100 + 100\,\mathfrak{G}_1\,\mathfrak{R} = \mathfrak{U}_{2\lambda} \tag{3}$$

$$100\,\mathfrak{G}_1 + \mathfrak{U}_{2\lambda} \cdot \mathfrak{G}_2 = \mathfrak{J}_{2\lambda} \tag{4}$$

Von diesen Gleichungen können drei zur Bestimmung der Konstanten $\mathfrak{G}_1$, $\mathfrak{G}_2$ und $\mathfrak{R}$ benutzt werden. Eine Kontrolle der Berechnung bekommt man, wenn man prüft, inwiefern die gefundenen Werte die vierte Gleichung befriedigen. — Man findet übrigens, daß man zwei Berechnungen der angegebenen Art willkürlich kombinieren kann, um die drei Konstanten zu bestimmen und eine Kontrolle zu bekommen, vorausgesetzt, daß man die leicht nachweisbaren Gleichungen für die Zahlenwerte an sich berücksichtigt:

$$\mathfrak{U}_{1\kappa} = \mathfrak{U}_{2\kappa} \qquad \mathfrak{J}_{1\lambda} = \mathfrak{J}_{2\lambda}$$

$$|\mathfrak{U}_{1\lambda}| = |\mathfrak{J}_{2\kappa}| \qquad |\mathfrak{U}_{2\lambda}| = |\mathfrak{J}_{1\kappa}|$$

und dieselben zur Kontrolle ausnutzt.

Wird in der Abb. 7

$$\mathfrak{U}_1 = 0 \qquad \mathfrak{J}_1 = 100$$

gesetzt, erhält man die Spannung im Punkte *A*

$$\mathfrak{U}_A = 100\ [1{,}3 + j \cdot 19{,}3]$$

und die Stromstärke in dem Scheinleitwert $\mathfrak{G}_A$

$$\mathfrak{J}_A = \mathfrak{U}_A\,\mathfrak{G}_A = 100\,[1{,}3 + j \cdot 19{,}3] \cdot 10^{-6}\,[7{,}7 - j \cdot 77{,}2] = 0{,}15 + j \cdot 0{,}005.$$

Der Gesamtstrom des Scheinwiderstandes *AB* wird

$$\mathfrak{J}_{AB} = \mathfrak{J}_2 + \mathfrak{J}_A = 100{,}15 + j \cdot 0{,}005.$$

Die Spannung im Punkte *B* wird

$$\mathfrak{U}_B = \mathfrak{U}_A + \mathfrak{J}_{AB}\,\mathfrak{R}_{AB} = 130 + j \cdot 1930 + [100{,}15 + j \cdot 0{,}005] \cdot [1{,}3 + j \cdot 19{,}3] = 260{,}1 + j \cdot 3866.$$

Mit Bezeichnungen analog mit den obigen wird

$$\mathfrak{J}_B = -2{,}19 + j \cdot 0{,}155; \qquad \mathfrak{J}_{BC} = 97{,}96 + j \cdot 0{,}16$$

$$\mathfrak{U}_C = 3290 + j \cdot 21\,030$$

$$\mathfrak{J}_C = -11{,}94 + j \cdot 1{,}85; \qquad \mathfrak{J}_{CD} = 86{,}02 + j \cdot 2{,}01$$

$$\mathfrak{U}_D = 3408 + j \cdot 23\,524$$

$$\mathfrak{J}_D = 1{,}23 - j \cdot 0{,}050,$$

woraus

$$\mathfrak{J}_{2\kappa} = \mathfrak{J}_{CD} + \mathfrak{J}_D = 87{,}3 + j \cdot 1{,}96 \quad [\mathrm{A}]$$

$$\mathfrak{U}_{2\kappa} = \mathfrak{U}_D + \mathfrak{J}_{2\kappa}\,\mathfrak{R}_{D_2} = 3583 + j \cdot 26050 \quad [\mathrm{V}].$$

Wenn dagegen

$$\mathfrak{U}_1 = 100\ \mathrm{V} \qquad \mathfrak{J}_1 = 0$$

gesetzt wird, wird

$$\mathfrak{J}_A = \mathfrak{J}_{AB} = 100 \cdot 10^{-6}\,[7{,}7 - j \cdot 77{,}2] = [0{,}77 - j \cdot 7{,}72] \cdot 10^{-3} \quad [\mathrm{A}]$$

$$\mathfrak{U}_B = 100 + \mathfrak{J}_{AB}\,\mathfrak{R}_{AB} = 100 + [0{,}77 - j \cdot 7{,}72] \cdot 10^{-3} \cdot [1{,}3 + j \cdot 19{,}3] \quad [\mathrm{V}],$$

d. h. gleich dem Wert $\mathfrak{J}_{AB}$ im Kurzschlußfalle, somit

$$\mathfrak{U}_B = 100{,}15 + j \cdot 0{,}005 \quad [\mathrm{V}],$$

Durch Berechnung der Ströme und Spannungen für einen Punkt nach dem anderen wie im Kurzschlußfalle findet man endlich

$$\mathfrak{J}_{2\lambda} = [0{,}727 + j \cdot 96{,}3] \cdot 10^{-3} \quad [\mathrm{A}]$$

$$\mathfrak{U}_{2\lambda} = 85{,}9 + j \cdot 2{,}13 \quad [\mathrm{V}].$$

Digitized by Google

Aus den Gleichungen (1), (3) und (2) erhält man

$$\Re = \frac{\mathfrak{U}_{2\kappa}}{100} = 35{,}8 + j \cdot 260{,}5 \qquad (1)$$

$$\mathfrak{G}_1 = \frac{\mathfrak{U}_{2\lambda} - 100}{100\,\Re} = \frac{-14{,}1 + j \cdot 2{,}13}{3583 + j \cdot 260\,50} = [9{,}8 + j \cdot 539] \cdot 10^{-6} \qquad (3)$$

$$\mathfrak{G}_2 = \frac{\mathfrak{J}_{2\kappa} - 100}{\mathfrak{U}_{2\kappa}} = \frac{-12{,}7 + j \cdot 1{,}96}{3583 + j \cdot 260\,50} = [9{,}2 + j \cdot 491] \cdot 10^{-6} \qquad (2)$$

Als Kontrolle dient die Gleichung 4:

$$100\,\mathfrak{G}_1 + \mathfrak{U}_{2\lambda}\,\mathfrak{G}_2 = 10^{-4}\,[9{,}8 + j \cdot 539] + [85{,}9 + j \cdot 2{,}13] \cdot [9{,}2 + j \cdot 491] \cdot 10^{-6} = 10^{-4}\,[7{,}3 + j \cdot 961].$$

Daraus ergibt sich $\mathfrak{J}_{2\lambda} = [0{,}73 + j \cdot 96{,}1]\,10^{-3}$, wogegen der frühere Wert von $\mathfrak{J}_{2\lambda}$ gleich $[0{,}72 + j \cdot 96{,}3]\,10^{-3}$ ist. Die Kontrolle zeigt also, daß die Rechnungen richtig sind, und zwar mit einer Genauigkeit, wie sie zweckdienlich verlangt werden kann.

Damit ist die Übertragung zu einem Netzbild in ΠΠ-Form, wie in der Abb. 8 gezeigt, reduziert worden, dessen Werte unmittelbar als Grundlage für das Kreisnomogramm der Übertragung verwendet werden können.

Zusammenfassung.

Das angegebene Verfahren arbeitet mit vier Hilfsnomogrammen, woraus unmittelbar vier Korrekturfaktoren erhalten werden. Mit ihnen hat man die für das übliche angenäherte Ersatzbild notwendigen Leitungskonstanten zu multiplizieren, um die Konstanten des genauen Ersatzbildes zu erhalten. Diese Nomogramme gelten nur für solche Leitungen, bei denen die wahre Ableitung vernachlässigt werden kann, d. h. im allgemeinen nur für Freileitungen.

Die Nomogramme werden aus einer Reihenentwicklung nach der Taylorschen Formel aus komplexen Funktionen erhalten, die das Verhältnis zwischen den Serienscheinwiderständen bzw. den Querscheinleitwerten der beiden Ersatzbilder angeben. Um das Rechnen bei der Anwendung der Nomogramme zu erleichtern, weist der Verfasser auf einen einfachen, in der Schwachstromtechnik oft angewandten Rechnungsgang hin, nach dem man eine Reihe von Ersatzbildern in ΠΠ- oder T-Form in ein einziges Leitungsbild in ΠΠ-Form umbildet. An Hand eines praktischen Beispiels wird die Einfachheit und Genauigkeit des Weges gezeigt.

Über die Anwendung isolierender Baustoffe in elektrischen Anlagen.

Von **H. Passavant** VDE, Berlin.

621. 315. 61. 004. 14

Übersicht*). Zweck der Arbeit ist, die grundsätzlichen Gesichtspunkte zusammenzufassen, die sich aus den Erfahrungen des vergangenen halben Jahrhunderts für die Herstellung elektrischer Anlagen und Verbrauchsgeräte herausgebildet haben.

In den letzten 50 Jahren hat sich eine technische Umwälzung solchen Ausmaßes vollzogen, wie die Geschichte unserer Kultur noch keine zu verzeichnen hatte. Während bis dahin der Kraftbedarf der Wirtschaft durch den mechanischen Transport materieller sogenannter Energieträger, wie Holz, Kohle, flüssige und gasförmige Brennstoffe vermittelt wurde, ist nach Erfindung der Dynamomaschine die Elektrizität als universelles Arbeitsvermögen zu einem dem Verkehr unmittelbar zugänglichen Wirtschaftsgut geworden. Es ist notwendig, sich diese Tatsache vor Augen zu halten, wenn man die Bedeutung würdigen will, die dem Installationswesen zukommt, dem die Aufgabe zufällt, die Anlagen aufzubauen, die dem Abnehmer und Verbraucher die Elektrizität zuführen.

Als es galt, die ersten elektrischen Verbrauchsanlagen herzustellen, fehlte es nicht nur vollständig an hierzu geeignetem, einigermaßen sachverständigem Personal, auch über die Eigenart der Elektrizität und etwaige, bei ihrer Ausnutzung gebotene Vorsichtsmaßnahmen fehlte jede Erfahrung. Im allgemeinen stand man sogar unter dem Eindruck, daß die Elektrizität nicht nur außerordentlich einfach und bequem, sondern auch, wenigstens bei den damals in Frage kommenden Spannungen von etwa 65 und 100 V, in jeder Hinsicht gefahrlos sich verteilen lasse. Die Ernüchterung konnte nicht ausbleiben, und sehr bald zeigte sich, daß die von jeder materiellen Eigenschaft freie Elektrizität ganz besondere und neuartige Anforderungen an die Ausbildung ihrer Leitungswege und den Aufbau der Verbrauchsgeräte stellte. Abgesehen von der Dauerhaftigkeit, also der mechanischen und chemischen Widerstandsfähigkeit, Eigenschaften, die auch für Gas- und Wasseranlagen bereits selbstverständlich waren, mußte bei den elektrischen Anlagen noch auf thermische, elektrochemische und physiologische Wirkungen Rücksicht genommen werden, die bei unsachgemäßem Aufbau und ungeeignetem Baustoff auftreten können. Die am meisten hervorstechende Neuerung, die für elektrische Anlagen jeder Art als erste Bedingung gefordert werden mußte, war die sorgfältige Isolierung der elektrischen Leitungswege von ihrer gesamten Umgebung. Diese Grundbedingung findet darin ihren Ausdruck, daß schon bei den frühesten Anlagen der Elektrizitätswirtschaft die Notwendigkeit sorgfältigster Kontrolle des Isolationszustandes als unerläßlich erkannt wurde. Mit der zunehmenden Anwendung der Elektrizität, die heute unser gesamtes Erwerbsleben bis in seine letzten Verzweigungen durchdringt, ist die Wichtigkeit der Isolierung, die Bedeutung isolierender Baustoffe andauernd gewachsen. Ohne die großen technologischen Fortschritte auf diesem Gebiet wäre die für unsere Wirtschaft gar nicht wegzudenkende Energieversorgung mit Höchstspannungen gar nicht möglich gewesen, aber auch im Rahmen der normalen Verbrauchsspannungen, für die Herstellung der Leitungen wie der elementarsten Verbrauchsgeräte, ist die Vervollkommnung der isolierenden Baustoffe ein eifrig zu erstrebendes Ziel.

Während in den beiden ersten Jahrzehnten der Elektrizitätswirtschaft als Hauptzweck eines guten Isolationszustandes die Vermeidung von Feuersgefahr angesehen wurde, ist seit Anfang dieses Jahrhunderts mit der Vervollkommnung des Installationswesens dieser Gesichtspunkt etwas zurückgetreten. Um so mehr ist dafür der Schutz von Personen und Tieren in den Vordergrund gerückt, nachdem die Erfahrung gezeigt hatte, daß unter ungünstigen Umständen die Elektrizität auch bei den niedrigsten Verteilungsspannungen auf den lebenden Organismus schädlich, sogar tödlich einwirken kann. Um jeder Mißdeutung entgegenzutreten, sei aber bereits an dieser Stelle ausdrücklich hervorgehoben, daß von einer besonders hohen Gefährdung durch elektrische Anlagen keine Rede sein kann. Ganz im Gegenteil, die Zahl der auf Elektrizität zurückzuführenden Todesfälle ist sicher erheblich niedriger als die in Gasanlagen vorkommenden. Die bei den üblichen Gebrauchsspannungen

*) Nach einem in der Fachgruppe „Installationstechnik" des VDE Gau Berlin-Brandenburg am 29. 10. 36 gehaltenen Vortrag.

Digitized by Google

verteilte Elektrizität verursacht ferner im Jahre nur etwa ein Siebzigstel der Zahl von Opfern, die der Straßenverkehr nach den regelmäßigen Berichten des Verkehrsministeriums jetzt erfordert. Diese große Überlegenheit der elektrischen Energieversorgung darf nun aber nicht hindern, ihren Sicherheitsgrad noch zu erhöhen und Quellen von Unfällen zu verstopfen, wenn sie erkannt sind, und besonders, wenn es mit einfachen Mitteln möglich ist. In diesem Sinne lassen Sie mich aus den Ergebnissen einer sehr sorgfältigen Statistik elektrischer Unfälle die Möglichkeiten ihrer künftigen weiteren Verminderung überprüfen, und zwar beschränke ich mich hierbei auf die durch die üblichen Gebrauchsspannungen bis etwa 500 V veranlaßten Schäden. Höhere Spannungen kommen für die allgemeine Versorgung nicht in Frage und müssen besonderer Beurteilung vorbehalten bleiben.

Alle elektrischen Unfälle lassen sich in zwei Gruppen unterteilen, je nachdem sie veranlaßt sind:

1. durch unmittelbare Berührung unter Spannung stehender metallischer Teile, oder
2. mittelbar durch Berührung äußerer metallischer Teile von Leitungen oder Geräten, die durch einen Fehler oder eine Beschädigung mit betriebsmäßig unter Spannung stehenden inneren Teilen in Berührung gekommen sind; man bezeichnet Fehler dieser Art bekanntlich als „Körperschluß".

Gegen die Unfälle der ersten Gruppe gibt es nur ein allerdings unfehlbares Vorbeugungsmittel, nämlich die vollkommene Abdeckung aller unter Spannung stehenden Teile, so daß sie der Berührung sicher entzogen sind. Es mag beinahe sonderbar klingen, daß auf eine solche Selbstverständlichkeit in Ihrem Kreise hingewiesen wird; aber leider wird gegen dieses elementare Gebot heute noch so häufig verstoßen, daß auch Fachleute daran erinnert werden müssen. Dabei ist der größte Teil, etwa zwei Drittel aller Unfälle, auf die Berührung offenliegender spannungführender Metallteile zurückzuführen. Vor wenigen Jahren, als der Berührungsschutz bei Fassungen noch nicht allgemein durchgeführt wurde, war dieses Verhältnis sogar noch ungünstiger, es betrug etwa drei zu vier. Den Herstellern wie den Benutzern elektrischer Anlagen und Geräte kann daher die strenge Beachtung des fundamentalen § 3a der Errichtungsvorschriften[1]) des VDE gar nicht ernst genug ans Herz gelegt werden.

Nicht so einfach sind die Maßnahmen, die gegen Unfälle der zweiten Gruppe, gegen die Folgen des Körperschlusses, zu ergreifen sind. Als etwa um die Jahrhundertwende die Notwendigkeit, etwas gegen den Körperschluß zu tun, erkannt wurde, glaubte man dessen Folgen durch besondere zusätzliche Schutzmaßnahmen abwenden zu können. Ob damit der richtige Weg eingeschlagen wurde, bleibe dahingestellt. Jedenfalls haben diese Bestrebungen bis heute das Installationswesen weitgehend beherrscht und zu endlosen Erörterungen in den zuständigen Kommissionen des VDE geführt, die aber m. E. bis jetzt eine voll befriedigende Lösung nicht gebracht haben.

Ohne auf das Wesen der einzelnen, in den Errichtungsvorschriften des VDE verankerten zusätzlichen Schutzmaßnahmen der Erdung, Nullung und Schutzschaltung näher einzugehen, darf als allen gemeinsam folgendes gesagt werden. Jede dieser Schutzmaßnahmen bedeutet eine Komplizierung der betreffenden Versorgungsanlage, ihre Wirksamkeit ist abhängig von dem einwandfreien Zustand mehr oder weniger ausgedehnter Schutzleitungen, der aber, weil unabhängig von der Betriebsfähigkeit der Verbrauchsanlage selbst, nur durch besondere regelmäßige fachmännische Prüfung nachgewiesen werden kann. Daß man jedem technisch unausgebildeten Benutzer einer elektrischen Anlage die Verantwortung hierfür auferlegen solle, halte ich für unbillig und auch für praktisch unmöglich. Überdies bietet keine zusätzliche Schutzmaßnahme absolute Sicherheit; alles zusammengenommen ist es daher verständlich, wenn diese selbst in § 3, Regel 2, der Errichtungsvorschriften des VDE „ihrer Natur nach als Behelf" bezeichnet werden.

Dieser augenblicklich bestehende Zustand ist sicher nicht erwünscht. Jeder Körperschluß an einem Gerät bedeutet mehr oder weniger einen Fehler in dessen konstruktivem Aufbau, und die Vorschrift besonderer Schutzmaßnahmen läßt sich nicht anders deuten als das Eingeständnis, daß der Apparatebau nicht in der Lage sei, hinreichend sichere Geräte zu schaffen. Vor vier Jahrzehnten mag eine solche Einstellung bis zu einem gewissen Grade verständlich gewesen sein, heute, nach einem halben Jahrhundert praktischer Erfahrung, nach den großen Fortschritten der Fertigung und der außerordentlichen Vervollkommnung aller Baustoffe, ist eine so geringe Einschätzung unserer technischen Fähigkeiten nicht mehr zu rechtfertigen. Ich scheue mich daher auch nicht, es auszusprechen, daß für ein so allgemein angewandtes Wirtschaftsgut, wie die elektrische Energie, die Verwendbarkeit ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen grundsätzlich gefordert werden muß, und ebenso unterliegt es für mich keinem Zweifel, daß unsere hochwertige Industrie durchaus imstande ist, dieser Forderung weitgehend Rechnung zu tragen, d. h. die Geräte so zu bauen, daß ihr Isolationszustand auch unter ungünstigen Umständen und unter rauher Behandlung erhalten bleibt. Die Richtlinien hierfür können nur auf der Erfahrung aufgebaut werden, indem man alle schweren Unfälle genau untersucht und ihre Ursachen feststellt. Dieser Aufgabe hat sich der Reichsverband der Elektrizitätsversorgung, der REV, unterzogen und das Ergebnis seiner unter dankenswerter Unterstützung durch die zuständigen Behörden für die Jahre 1927 bis 1933 durchgeführten Ermittlungen in mehreren Veröffentlichungen[2]) bekanntgegeben. Die wichtigsten hieraus sich ergebenden Tatsachen lassen sich wie folgt zusammenfassen.

1. In den Anlagen der Industrie, im Bahnbetrieb und in Bergwerken hat nur etwa ein Sechstel aller elektrischen Unfälle sich ereignet.
2. Etwa vier Fünftel aller durch Körperschluß verursachten Unfälle ereignen sich in der Landwirtschaft und in Räumen zu ebener Erde, deren Fußböden nicht vollständig isolierend sind, die man aber durchaus nicht allgemein als „feucht" oder „durchtränkt" bezeichnen kann.
3. Die Hälfte der zum Tode führenden Unfälle ist durch Körperschluß an metallgekapselten Steckern, Schaltern, Anlassern und dergleichen herbeigeführt worden; hiervon entfallen rund zwei Drittel auf landwirtschaftliche Betriebe.
4. Ein großer Teil der Unfälle wird durch Fehler an den Anschluß- oder Einführungsstellen der Leitungen in Geräte mit metallener Außenhülle hervorgerufen.

Welche Schlüsse lassen sich nun aus diesen Tatsachen ziehen? Zunächst ist auffallend, daß in industriellen Anlagen und in sogenannten durchtränkten Betrieben nicht, wie man früher annahm, besonders viele, sondern ein recht kleiner Teil aller elektrischen Unfälle vorkommen. Es mag sich dies dadurch erklären, daß Anlagen dieser Art sowohl bei der Ausführung der Installation wie im Betrieb unter der Aufsicht erfahrener Techniker stehen, und daß die dort beschäftigten Arbeiter mehr oder weniger sachverständig sind. Aus den gleichen Gründen werden sicherlich hier auch die vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen zuverlässiger ausgeführt und gewartet.

Anders liegen die Dinge im Kleingewerbe, im Haushalt und in der Landwirtschaft, wo grundsätzlich mit geringster Sachkenntnis und mangelnder Sorgfalt des Verbrauchers gerechnet werden muß. Hier muß der Kon-

[1]) VDE 0100/34.

[2]) H. Passavant, Elektr.-Wirtsch. 30 (1931) S. 301; 31 (1932) S. 371; 33 (1934) S. 441.

Digitized by Google

strukteur die Verantwortung dafür tragen, daß die Geräte auch bei derber Behandlung betriebssicher bleiben. Das bedeutet, daß ein Gerät bei unrichtigem Gebrauch wohl gelegentlich versagen, daß es aber auch dann niemals, wie beim Körperschluß, gefahrbringend für den Verbraucher werden darf. Diese Forderung mag manchem etwas hart erscheinen, gegenüber den Lehren der Unfallstatistik kommen wir aber nicht um sie herum; ihr kann nur genügt werden durch weitgehenden Verzicht auf die Verwendung elektrisch leitender Baustoffe bei dem äußeren Aufbau der Geräte und deren Ersatz durch Isolierstoffe, in erster Linie an denjenigen Stellen, die dem Verschleiß oder den Folgen mangelhafter Montage ausgesetzt sind, und das sind die Anschlußstellen oder die Einführungsstellen der Zuleitungen. Als ich vor einiger Zeit mit einem erfahrenen Konstrukteur diese Frage besprach, äußerte er sich wie folgt:

„Wenn man ein neues Gerät bauen will, so entwerfe man vor allem die Anschlußstelle. Das andere ergibt sich dann von selbst."

Das sind goldene Worte, die ich hiermit festhalten möchte.

Es fragt sich aber, ob diese Forderung wirklich so weitgehend ist, wie sie gegenüber der Jahrtausende alten Übung, dauerhafte Geräte und Bauteile aus Metall herzustellen, erscheinen mag. Nun, die Technik hat in diesem Sinne neue Wege bereits eingeschlagen, und zwar nicht nur auf dem Gebiet der Elektrotechnik. Abgesehen von den uralten, aus anorganischen Substanzen bestehenden keramischen Werkstoffen, hat uns vor etwa 25 Jahren die Chemie gelehrt, auf rein organischer Grundlage Baustoffe mit wertvollen chemischen, mechanischen und elektrischen Eigenschaften herzustellen. Die Verwendung solcher Stoffe, die hauptsächlich auf dem Wege des Preßverfahrens verarbeitet werden, für Gebrauchsgegenstände aller Art, hat in den letzten Jahren einen bedeutenden Aufschwung erfahren[3]). In der Elektrotechnik haben die neuen Baustoffe, die man nach ihrem Hauptbestandteil und im Anklang an den Namen ihres Erfinders Bakeland als Bakelitstoffe zu bezeichnen pflegt, gleichfalls Eingang gefunden, wenn auch noch nicht in dem Umfange, den man gerade für dieses Gebiet hätte erwarten sollen. Die Gründe hierfür waren teils wirtschaftlicher, teils technischer Natur.

Während bei Geräten des allgemeinen Gebrauchs wesentliche chemische oder thermische Beanspruchungen nur selten vorkommen, ändern sich die Verhältnisse, wenn elektrische Einflüsse mit in Betracht zu ziehen sind. Die Elektrizität ist eben als allgemeine Energieform imstande, alle Wirkungen auszuüben, die man früher als Äußerungen verschiedenartiger physikalischer Kräfte zu betrachten pflegte. Ein Beispiel möge dies klarmachen.

Eine Haut von Feuchtigkeit auf der Oberfläche einer organischen Substanz harzähnlicher Art, wie die Bakelitstoffe, verdunstet oder greift bei längerer Dauer die Oberfläche chemisch nicht oder nur sehr wenig an. Anders, wenn auf einer solchen Oberfläche ein elektrisches Feld wirkt, etwa zwischen den Anschlußklemmen eines elektrischen Gerätes. Dann treten elektrolytische Vorgänge hinzu, die die Isolierfähigkeit der Substanz herabsetzen und Leitungsströme hervorrufen, die thermisch wirken, sogar schließlich zu einem Lichtbogen sich ausbilden können. Solche Erfahrungen, die unvermeidlich waren, wenn man anfangs etwas kühn an Stelle bewährter keramischer Stoffe den neuen, in seinen Eigenschaften noch nicht genügend erprobten organischen Baustoff verwendete, hatten natürlich Rückschläge zur Folge. Heute ist man aber weiter gekommen. Nicht nur, daß man die Eigenschaften und die Herstellungsweise der Bakelitstoffe selbst und die Preßvorgänge weitgehend zu beherrschen gelernt hat, auch die Erkenntnis, daß elektrische Geräte in ihrem ganzen Aufbau den besonderen Verhältnissen angepaßt sein müssen, unter denen sie beansprucht werden, ist mehr und mehr Gemeingut geworden. Ein für den Bergbau bestimmtes Gerät muß anders gebaut sein als ein solches für den Haushalt, und Geräte für die Landwirtschaft stellen wieder besondere Anforderungen, denen der Konstrukteur Rechnung tragen muß, Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet und angewendet bedeuten die neuen Isolierstoffe einen überaus wertvollen Fortschritt, und es wäre sehr zu begrüßen, wenn bei der jetzt im Gange befindlichen Überarbeitung der VDE-Vorschriften dem Werte solcher Baustoffe, vor allem als natürliches und unmittelbares Schutzmittel, schärfer Ausdruck gegeben würde, als dies heute der Fall ist.

Hierbei ist allerdings streng zu unterscheiden zwischen dem inneren Aufbau der Geräte und ihrer äußeren Umkleidung. Bezüglich des ersteren sollte die Freiheit des Konstrukteurs möglichst wenig durch Maß- und Materialvorschriften beschränkt und nur durch scharfe, den Beanspruchungen im praktischen Gebrauch möglichst eng angepaßte Prüfbedingungen der Nachweis der Gebrauchsfähigkeit gefordert werden. Derartige Prüfungen sind aber nur möglich in entsprechend eingerichteten Prüfstellen durch Dauerversuche an einer angemessenen Zahl von Prüflingen. Dagegen muß bei der Unterhaltung und laufenden Überwachung elektrischer Anlagen in erster Linie die für die Sicherheit der Gebraucher maßgebende äußere Beschaffenheit der Geräte ins Auge gefaßt werden, und hier sollte, um jede Möglichkeit des immer bedenklichen Körperschlusses auszuschließen, so weit wie irgend angängig isolierender Baustoff vorgeschrieben werden. Es fragt sich also, wie weit die Eigenschaften der Kunstharze sie zu dieser Verwendung geeignet machen; hauptsächlich kommen hierbei die mechanische Festigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse in Frage. Die mechanische Festigkeit habe ich an erster Stelle genannt, weil auf diesem Gebiet am meisten gesündigt wird, und weil noch jetzt nach 50jähriger, manchmal ziemlich bitterer Erfahrung immer noch, wenigstens im Unterbewußtsein, das Vorurteil wirkt, daß die überaus leicht wandelbare und regelbare Elektrizität auch entsprechend leichte und kleine, ich möchte beinahe sagen, salonfähige Geräte zulasse. Inzwischen hat man aber gelernt, die natürlichen Eigenschaften der künstlichen Isolierstoffe und ihre Verarbeitungsweise zu verbessern, und man trägt auch der Erkenntnis Rechnung, daß die Festigkeit eines Gerätes nicht nur eine Funktion der Baustoffe ist, sondern in weitem Umfange von der Gestaltung abhängt, die der Konstrukteur, den Linien der zu erwartenden Beanspruchung folgend, den Geräten zu geben versteht. Für den „Werkstoff Gußeisen" ist dieser fundamentale Grundsatz erst kürzlich in einem sehr interessanten Aufsatz von Professor Thum[4]) wieder erläutert worden. Seine Darlegungen lassen sich so gut wie vollständig auf Werkstoffe jeder Art übertragen, und ich hoffe, daß die heute hier ausgestellten, im Sinne dieser Lehren entworfenen Geräte erkennen lassen, welch hohen Ansprüchen an mechanischer Festigkeit mit isolierenden Baustoffen jetzt entsprochen werden kann.

Was die chemische Widerstandsfähigkeit der bakelitartigen Stoffe anlangt, so ist diese, allgemein gesprochen, derjenigen metallischer Werkstoffe mindestens nicht unterlegen. In der chemischen Industrie findet Kunstharz daher bereits häufige Anwendung zu Behältern aller Art für Substanzen, deren Einwirkungen Metalle nicht gewachsen sind. Immerhin sind chemische Vorgänge so mannigfaltig und individuell, daß für die Auswahl der im Einzelfalle geeigneten Werkstoffe die Ergebnisse praktischer Sondererfahrung allein ausschlaggebend sind. Es wäre daher sehr zu wünschen, daß, wie in den Laboratorien der Hersteller die Eigenschaften der Baustoffe laufend im Dauerversuch studiert werden, so auch von der verbrauchenden Elektrizitätswirtschaft das Verhalten fertiger Ge-

[3]) Hierzu die Aufsatzreihe in ETZ 56 (1935) S. 269, 289.

[4]) Thum, Rundsch. Techn. Arbeit vom 23. 9. 1936.

Digitized by Google

räte im Betriebe untersucht und verfolgt würde. Schon die Landwirtschaft bietet hierzu reichliche Gelegenheit, die sorgfältig ausgenutzt werden sollte, zumal hier Geräte aus Isolierstoff bereits häufig Verwendung finden und vielfach als geradezu unentbehrlich für Anlagen in Ställen, in Scheunen und ähnlichen Räumen angesehen werden. Hier sollte also die laufende Beobachtung besonders einsetzen. Durch nüchterne Berichte über ihre so gesammelten Erfahrungen könnten die Elektrizitätswerke zu der Verbesserung unserer Werkstoffe erheblich beitragen.

Nun noch ein Wort über die elektrische Festigkeit der Kunstharzstoffe. In einem Beispiel über Oberflächenleitung, das ich vorhin berührte, habe ich bereits ausgeführt, daß, als Träger unter Spannung stehender Metallteile, Kunstharz mit überlegter Vorsicht behandelt werden sollte. Während es in trockenen Räumen, und wenn es der Wirkung von Lichtbögen nicht ausgesetzt ist, meist unbedenklich zu dem gedachten Zweck verwendet werden kann, wird man in feuchten Räumen und an Stellen, wo Einwirkungen von Funken und Lichtbögen zu erwarten sind, einstweilen noch den alterprobten keramischen Baustoffen den Vorzug geben. Der Zweck meiner Darlegungen ist auch nicht die Hervorhebung eines einzelnen, wenn auch noch so wertvollen Baustoffs, sondern die Betonung, daß für die tragenden und umhüllenden Teile elektrischer Geräte isolierende Substanzen, wo irgend verwendbar, die wichtigsten Werkstoffe sind. Ihre richtige Auswahl nach Maßgabe ihrer Eigenschaften ist eben die Aufgabe des Konstrukteurs.

Zum Schlusse lassen Sie mich auf ein Bedenken noch eingehen, das häufig von kaufmännischer Seite erhoben wird, daß nämlich Umkleidungen aus Kunstharzstoffen teurer seien als solche aus Metall. Hierbei wird übersehen, daß in den meisten Fällen die metallene Umkleidung besondere zusätzliche Schutzmaßnahmen bedingt, deren Kosten, wenn sie richtig ausgeführt werden, höher sind als der Mehrverbrauch an Kunstharz für die betreffenden Geräte. Im übrigen ist zu der Frage der Festigkeit folgendes zu sagen. Wenn man heute einen so subtilen Gegenstand wie eine Glühlampenfassung aus Isolierstoff zu pressen versteht, wenn Gehäuse von Elektrizitätszählern, Lüftern, Bohrmaschinen, Staubsaugern mit isolierender Umkleidung hergestellt werden, wenn sogar für hochbeanspruchte Lagerschalen[5]) selbst größten Ausmaßes dieser Werkstoff sich bewährt, dann besitzt man in ihm ein natürliches Schutzmittel auch gegen Körperschluß, das umfassendste Anwendung beanspruchen darf. Ich möchte sogar sagen, beanspruchen muß, weil für die so gesicherten Geräte der Notbehelf zusätzlicher Schutzmaßnahmen überflüssig wird.

Wenn ich diesen Vorzug noch einmal scharf hervorhebe, so hoffe ich, daß Sie mir deswegen nicht einseitigen Fanatismus vorwerfen werden. Ich habe ja bereits betont, daß für große, sorgfältig ausgeführte und technisch überwachte Industrieanlagen, Bahnen und dergleichen besondere Verhältnisse vorliegen, und dementsprechend andere Gesichtspunkte maßgebend sein mögen. Auch darf ein an sich richtiger Grundsatz durch Überspannung nicht in das Gegenteil verkehrt werden. So wird bei einem großen Motor, dessen Wicklung durch ihre Bauart bereits sorgfältig geschützt ist, niemand an isolierenden Schutz des Gehäuses denken und ihn den Anschlußklemmen und ihrer unmittelbaren Umgebung zuteil werden lassen; bei einem eng eingebauten Klein- oder Kleinstmotor dagegen kann man an Isolierung nicht genug tun. Für alle Anlagen aber, die man den Händen von Laien anvertrauen muß, halte ich die zur Zeit noch als unentbehrlich angesehenen zusätzlichen Schutzmaßnahmen für eine Schwäche unserer Technik, die möglichst bald zu überwinden geradezu Ehrensache sein sollte, wenn wir, und das gilt wohl für uns alle, in der Elektrizität diejenige Energieform erblicken, die von der Natur zur Alleinherrschaft über unsere gesamte technische Betätigung in Haus und Hof, in Werkstatt und Industrie einmal berufen sein wird.

[5]) F. Armbruster, ETZ 56 (1935) S. 289. A. Bantzer, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 670.

Zusammenfassung.

Die umfassende Anwendung der elektrischen Energie als unmittelbar zugängliches Wirtschaftsgut stellt an die Ausführung der ihrer Verteilung dienenden Anlagen hinsichtlich der Einfachheit und Sicherheit hohe Anforderungen. Diesen wird am besten genügt durch weitgehende Anwendung isolierender Werkstoffe, die in dem letzten Jahrzehnt bedeutend vervollkommnet worden sind. Die Lösung der hieraus sich ergebenden Aufgaben ist Sache des Ingenieurs, der die elektrischen Geräte so bauen muß, daß bei möglicherweise im Gebrauch auftretenden inneren Fehlern die äußeren Teile der Geräte keine für den Benutzer Gefahr bringende Spannung annehmen können. Die Sicherheit der Elektrizitätsversorgung wird dadurch besser gewahrt als durch zusätzliche Schutzmaßnahmen, die die Einfachheit der Anlagen beeinträchtigen und dem Laien in den meisten Fällen unverständlich bleiben.

Anwendung der Methode der symmetrischen Komponenten auf unsymmetrische Ständerschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren.

621. 313. 333. 044

An Hand von Beispielen wird gezeigt[1]), wie unsymmetrische Ständerschaltungen von Drehstromasynchronmotoren unter Benutzung einiger an sich bekannter Hilfsmittel in einfacher Weise rechnerisch behandelt werden können. Der Rechnungsgang ist dabei so zugeschnitten, daß der physikalische Mechanismus dieser Schaltungen klar hervortritt. Es handelt sich um unsymmetrische Ständerschaltungen von dreiphasigen Drehstrommotoren mit Schleifring-, Kurzschluß- oder Stromverdrängungsläufern, deren Ständerwicklung in beliebiger Weise an das Netz angeschlossen ist. Vorausgesetzt wird lediglich, daß die einzelnen Wicklungsstränge symmetrisch aufgebaut sind. Die Arbeit beschränkt sich auf die Herleitung der Methode zur Feststellung des Momentverhaltens und der Ströme, ohne den Verlauf und die Ortskurven genauer zu diskutieren.

Die übliche rechnerische Behandlung solcher Schaltungen beginnt mit der Aufstellung der Spannungsgleichungen. Hierbei tritt bereits die erste Schwierigkeit auf; denn man muß für jeden Fall die Widerstandskoeffizienten der einzelnen Ströme in irgendeiner Weise ermitteln. Bei einigermaßen verwickelten Schaltungen geht gewöhnlich schon hier der physikalische Überblick völlig verloren, wenn man die Schaltung nicht gerade allzu stark (z. B. durch Vernachlässigung der Streuung) vereinfachen will. Aus diesen Spannungsgleichungen werden dann die Ströme und zuletzt das Drehmoment ausgerechnet. Das Moment erscheint als Produkt von Ständer- und Läuferströmen mit irgendwelchen Faktoren behaftet. Die Ströme selbst hängen in verwickelter Weise von den jeweiligen Widerstandskoeffizienten ab, und die Abhängigkeit vom Schlupf ist im allgemeinen noch nicht einmal rechnerisch leicht zu übersehen.

Für die gängig geschalteten Motoren sind aber diese Koeffizienten und die Drehzahlabhängigkeit völlig bekannt und auch in besonders einfacher Weise graphisch dargestellt. Daher liegt der Gedanke nahe, einen solchen Motor als Schalteinheit aufzufassen und eine unsymmetrische Schaltung irgendwie aus mehreren solchen Schalteinheiten aufzubauen. Dies gelingt durch Übertragen der Methode der symmetrischen Komponenten auf die betreffenden Schaltungen.

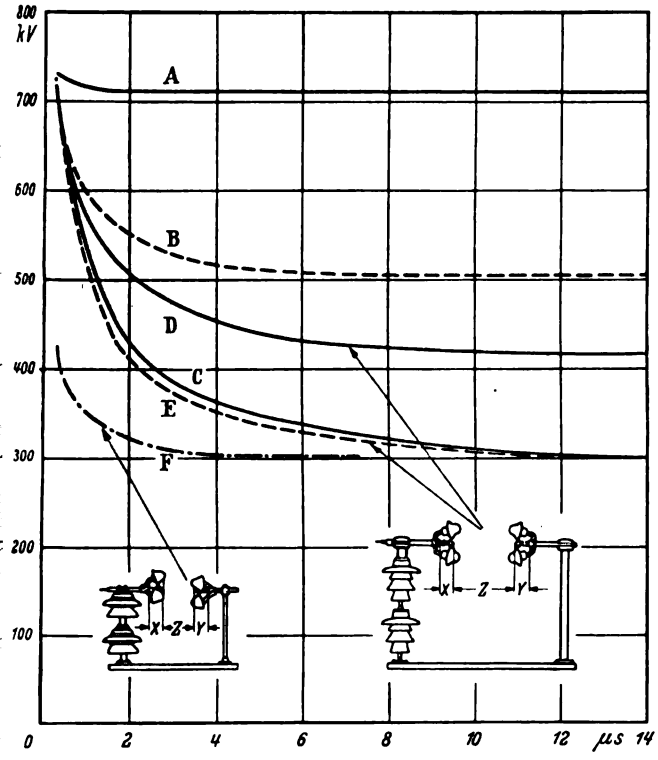
[1]) Heinz Jordan, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 12, S. 812.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

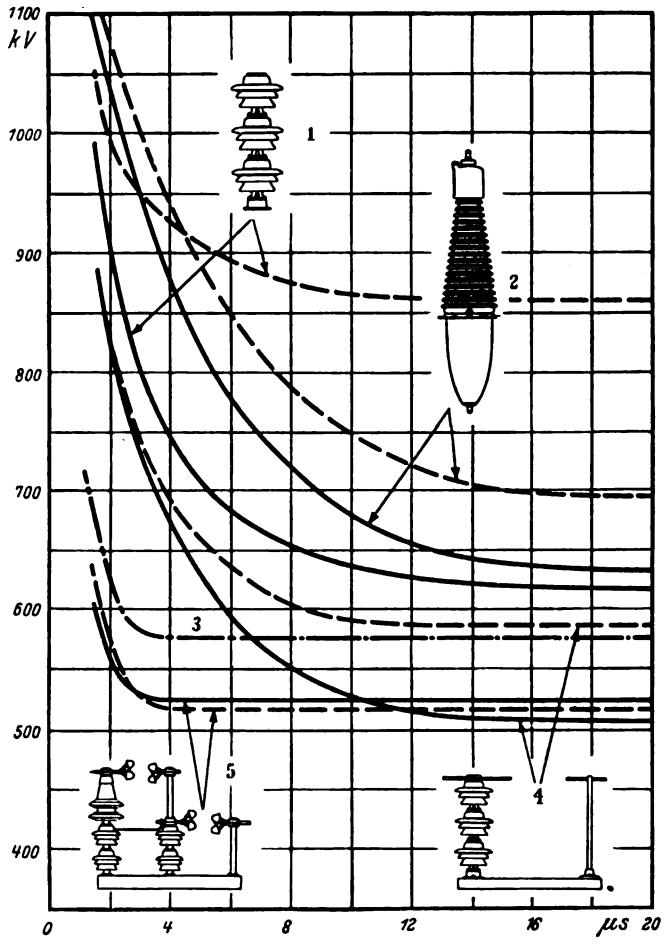
Leitungen.

621. 316. 933. 1 **Gesteuerte Schutzfunkenstrecken.** — Zur Begrenzung der von den Freileitungen her anlaufenden Gewitterüberspannungen können vor oder in den Schaltanlagen und Umspannwerken Schutzfunkenstrecken eingebaut werden. Die Kennlinie ihrer Überschlagverzögerung muß aber so zu den entsprechenden Kennlinien der Geräte-[1]) und der Umspannerisolation liegen, daß diese unbedingt sicher bei Spannungsstößen beider Polaritäten gegen Überschläge und Schäden geschützt sind. Wegen der außerordentlich geringen Überschlagverzögerung von Kugelfunkenstrecken begrenzen sie, entsprechend kleine Schlagweiten vorausgesetzt, auch sehr steil ansteigende Überspannungen nahezu auf den Wert ihrer Gleichstromüberschlagspannung, die wegen der symmetrischen Elektrodenanordnung für beide Stoßpolaritäten etwa gleich hoch liegt. Bei Spitzen- oder Stabfunkenstrecken gehören dagegen zu kurzen Überschlagverzögerungen Stoßspannungen, die sehr hoch über der Mindest-Stoßüberschlagspannung für die betreffende Schlagweite liegen. Austin hat 1932 eine besondere Funkenstreckenanordnung mit gesteuertem Feld beschrieben[2]), über deren Eigenschaften nunmehr auf Grund eingehender Versuche berichtet wird. Sie besteht aus einer Spitzenfunkenstrecke, bei der jede Spitze korbartig von 3 oder 4 Armen umgeben ist. Die Arme tragen an den Enden glockenartige, isolierende Überwürfe. Je nach der gegenseitigen Lage der Arme und Spitzen läßt sich die Stoßkennlinie verändern, wie dies in Abb. 1 für einige Fälle im Vergleich zu den Stoßkennlinien von Kugel- und Stabfunkenstrecken dargestellt ist. Die Arme wirken im Sinne einer Vergrößerung der Elektrodenflächen, so daß die Spitzenanordnung mehr die Eigenschaften einer Kugelfunkenstrecke annimmt. Überschläge zwischen den umgebenden Armen werden durch die isolierenden Überwürfe verhindert. Für



		Schlagweite		
A	50 cm-Kugeln	43,2 cm	*E*	gesteuerte Schutzfunkenstrecke
B	20 cm-Kugeln	43,2 „		Z = 43,2 cm $X = Y$ = 28 cm
C	Stabfunkenstrecke	43,2 „	*F*	gesteuerte Schutzfunkenstrecke
D	gesteuerte Schutzfunkenstrecke			Z = 26,7 cm X = 8,9 cm
	Z = 43,2 cm X = 16,5 cm			Y = 11,4 cm
	Y = 21,6 cm			

Abb. 1. Grundsätzliche Stoßkennlinien von Schutzfunkenstrecken.



1 Stützer
2 Gerätedurchführung
3 Umspannerisolation
4 Stabfunkenstrecke
5 gesteuerte Schutzfunkenstrecke
——— positive Stöße
— — — negative Stöße

Abb. 2. Stoßkennlinien von Isolatoren- und Schutzfunkenstrecken.

Betriebsspannungen bis zu 100 kV werden Einfachfunkenstrecken nach Abb. 1 (mit 3 Armen für 30 bis 70 kV und mit 4 Armen für 70 bis 100 kV) verwendet. Für Spannungen von 100 bis 170 kV liegen zwei unter sich gleiche Funkenstrecken in Reihe (Abb. 2), wobei durch geeignete Wahl der Isolatoren die kapazitive Spannungsverteilung so geregelt wird, daß auf jede Funkenstrecke die halbe Gesamtspannung entfällt. Abb. 2 enthält für Spannungsstöße beider Polaritäten die Stoßkennlinien eines Sammelschienenstützers, einer Gerätedurchführung, einer Stabfunkenstrecke und einer gesteuerten Funkenstrecke. Außerdem ist noch eingetragen, welche Kennlinie für die Umspannerisolation gilt. Die Kurve der Stabfunkenstrecke schneidet bei positivem Stoß die Kennlinie der Umspannerisolation etwa bei 6 µs, d. h. es tritt hier eher ein Über- oder Durchschlag im Umspanner als an der Schutzfunkenstrecke ein. Für negativen Stoß liegt die Kennlinie der Stabfunkenstrecke sogar durchweg über der Umspannerkurve. Der bis herab zu 4 µs geradlinige Verlauf der Stoßkennlinien für die gesteuerte Schutzfunkenstrecke und das sehr nahe Zusammenliegen

[1]) Vgl. ETZ 57 (1936) H. 28, S. 809.
[2]) A. O. Austin, Trans. Amer. Inst. electr. Engr. 51 (1932) S. 676; Auszug in J. Amer. Inst. electr. Engr. 51 (1932) S. 579.

Digitized by Google

ihrer Kurven für positiven und negativen Stoß gibt dagegen einen vollkommenen Schutz für alle Teile der Anlagenisolation. Die gesteuerte Funkenstrecke hat nach Versuchen auch im beregneten Zustand grundsätzlich die gleichen Kennlinien, nur liegen die Endwerte um 15 bis 20 % tiefer. Die üblichen Unterschiede der Luftfeuchtigkeit geben Abweichungen von höchstens ± 3 %. Natürlich bedeutet das Ansprechen der Funkenstrecke in Netzen mit isoliertem Sternpunkt einen Erdschluß und bei kurzer Sternpunkterdung einen Kurzschluß, der mit einem Schaltgerät unterbrochen werden muß. Diese Frage ist offenbar noch nicht restlos zufriedenstellend gelöst. Sicherungen scheiden hierfür aus, weil sie nicht mehrmals hintereinander arbeiten können. Vollkommener, aber auch entsprechend teuerer, sind Schalter mit selbsttätiger Wiedereinschaltvorrichtung, wie sie in Amerika stark verbreitet sind. [R. Higgins und H. L. Rorden, Electr. Engng. 55 (1936) S. 1029.] *Gd.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

621. 311 : 614. 84 **Feuerschutz in Kraft- und Abspannwerken.** — Der vorliegende Aufsatz bietet einen Gesamtüberblick über bauliche und betriebliche Maßnahmen zur Bekämpfung der Brandgefahr in elektrischen Anlagen. Zur Verringerung der Entstehungsursachen von Bränden wird empfohlen: Verwendung ölloser Schalter und Meßwandler, Temperaturüberwachung und rasch abschaltender Schutz für Umspanner, ausreichende Bemessung und sorgfältige Schutzauslegung für alle Anlageteile mit Rücksicht auf die Kurzschlußbeanspruchungen, notfalls Herabsetzung der Kurzschlußstromstärken (Drosselspulen, Netzunterteilung), Einhaltung ausreichender Schlagweiten, Verhinderung von Bedienungsfehlern.

Maßnahmen zur Begrenzung des Umfanges von Bränden sind: Vermeidung der Anhäufung brandgefährdeter Geräte in einem einzigen Raum (z. B. Unterteilung von Kabelkellern, Aufteilung der Meß- und Steuerleitungen in Warten auf zahlreiche Zellen), Verwendung unbrennbarer Baustoffe (kein Holz, bei Kabeln keine Juteumspinnung), Unterteilung der Gebäude durch Feuerschotten. Bei Freiluftanlagen nach Möglichkeit Aufteilung in zwei getrennte Teile. Bei Geräten mit größerer Ölfüllung Anlage ausreichender Ölfanggruben und -abflußleitungen, anderenfalls Schotterlage von mindestens 10 cm Stärke. Durch Erhitzung von außen besonders gefährdet sind Umspanner mit Radiatoren wegen deren geringer Wandstärke. Der Schutz gegen strahlende Wärme erfolgt am besten durch Errichtung von Feuerschutzwänden. Für Innenraumschaltanlagen wird nochmals auf die Notwendigkeit des völligen Abschlusses der Ölschalter- und Umspannerzellen gegen das übrige Gebäude hingewiesen. In Warten empfiehlt sich die Trennung der Endverschlüsse der Melde- und Steuerkabel von den offenen Kabelpritschen durch eine feuerfeste Zwischenwand. Bei Kabelkanälen für Niederspannung wird die Unterteilung durch Betonpritschen für ausreichend erachtet. Hochspannungskabel werden gleichfalls auf Betonpritschen verlegt und mit einem feuerbeständigen Überzug (magerer Zement oder Asbest) versehen. Besondere Aufmerksamkeit ist Ölkabeln zu schenken. Zweckmäßig sind in ausgedehnten Anlagen selbsttätige Feuermelder, von denen einige Ausführungsbeispiele besprochen werden. Als Feuerlöschmittel für Generatoren wird meist Kohlensäure in den Kühlluftkreislauf eingeführt. Die Gasmenge muß ausreichen, 30 min lang eine Konzentration von 30 % aufrechtzuerhalten, häufig entlädt man daher die Hälfte der Flaschen in rd. 5 s, dann den Rest langsam, um die Kohlensäureverluste zu decken. Die selbsttätige Betätigung dieser Löscheinrichtung sollte auf den Differentialschutz beschränkt bleiben. In Freiluftanlagen ist als wichtigstes Löschmittel das Wasser[1]) anzusehen wegen seines großen Abkühlungsvermögens und wegen der Möglichkeit, es in großen Mengen zu verwenden. Das brennende Öl wird durch feinverteiltes Wasser in eine unbrennbare Emulsion verwandelt. Ortsfeste Anlagen z. B. für große Umspanner arbeiten mit zahlreichen gegen den Ölkessel (mit Ausnahme des Deckels) und gegen den Boden gerichteten Zerstäuberdüsen, die den Umspanner mit einem sehr wirksamen Wasserschleier umgeben. Zu vermeiden ist das direkte Hineinspritzen in den Kessel. Ölbrände am Boden werden zum Schutz der Löschmannschaft mit langen Strahlrohren bekämpft. Brennende Ölgefäße werden durch Bespritzen der Wände auf unter 100° abgekühlt, darauf ist durch direktes Bespritzen der Brand leicht zu löschen. Der Hauptvorteil bei der Schaumlöschung ist das gute Haftvermögen des Schaumes, das ihn z. B. zur Ablöschung senkrechter Flächen oder brennender Kabelkanäle bevorzugt geeignet macht. Das Abkühlungsvermögen des Schaumes ist dagegen wesentlich geringer als das des Wassers. Die Erzeugung erfolgt in ortsfesten oder beweglichen Geräten mechanisch aus Wasser und Seife oder chemisch durch Mischung einer Natriumbikarbonatlösung mit einer Aluminiumsulfatlösung. Einige Schaumgeneratoren werden beschrieben. Die als Löschmittel außerordentlich wirksamen Kalisalzlösungen sind wegen der Gefährdung der Gefolgschaft nur durch besonders geschulte Kräfte anwendbar. Für Innenräume treten zu den genannten Löschmitteln noch Gase (z. B. Methylbromür und Kohlensäure). Ihre alleinige Anwendung ist nicht zu empfehlen wegen der Gefahr des Wiederzündens, auch können durch den entstehenden inneren Überdruck Flammen aus dem brennenden Raum nach außen geschleudert werden und den Brand weiterverbreiten. Wichtigstes Erfordernis bei allen Feuerlöschmaßnahmen ist die Schnelligkeit des Eingreifens und eine sorgfältige Ausbildung und Übung des Personals. [Josse, Rev. gén. Électr. 40 (1936) S. 179.] *Sdn.*

[1]) Vgl. Electr. Wld., N. Y., 102 (1932) S. 110. Bericht ETZ 54 (1933) S. 1097.

Apparate und Stromrichter.

621. 314. 224. 08 : 621. 316. 26 **Stromwandler für Schaltanlagen.** — Die Anforderungen an Stromwandler bezüglich Kurzschlußfestigkeit, Meßgenauigkeit, Leistung, Belastung und Überstromkennlinie sind in den letzten Jahren stark gestiegen. Hinsichtlich der dynamischen Festigkeit muß zwischen einer inneren und einer äußeren unterschieden werden[1]). Die innere dynamische Festigkeit ist bedingt durch die Anordnung der Wicklungen und durch die Größe ihrer Windungszahlen. Die äußeren dynamischen Kräfte, die auf einen Wandler einwirken, sind abhängig von dem Einbau des Wandlers im Leitungszug.

Die thermische Festigkeit hängt von der Bemessung des primären wie auch des sekundären Leiterquerschnittes ab und wird durch Größe und Dauer des Kurzschlußstromes bestimmt. Stoßkurzschlußströme und wiederholtes Einschalten auf bestehende Kurzschlüsse sind durch entsprechende Zuschlagzeiten zu berücksichtigen. Durch Anwendung der Gegenmagnetisierung und Verwendung von Nickeleisen kommt man bei gleicher Leistung der Mehrleiterwandler mit einer geringeren AW-Zahl aus. Hierdurch können größere primäre Leiterquerschnitte verwendet werden, so daß die Kurzschlußfestigkeit erheblich gesteigert wird. Läßt sich bei der Sekundärwicklung der Leiterquerschnitt nicht auf die gewünschte Größe bringen, so setzt man durch Verwendung von Mischkernen oder auch Kernen aus Nickeleisen die Überstromziffer auf ein ungefährliches Maß herab. Oft genügt auch der Einbau einer zusätzlichen Bürde in den Sekundärkreis, sofern hierdurch die Klassengenauigkeit nicht beeinträchtigt wird. Müssen solche Wicklungen betriebsmäßig kurzgeschlossen werden, so darf das nur über einen entsprechenden Widerstand erfolgen, da sonst bei Netzkurzschluß die Ströme in der Sekundärwicklung so hoch ansteigen können, daß die Wicklung zerstört wird.

Die Nennstromstärke der Wandler soll mit Rücksicht auf die Meßgenauigkeit dem größten Betriebsstrom einigermaßen angepaßt und nicht wesentlich größer sein, da sonst bei Schwachlast die Stromstärke leicht unter $^1/_{10}\,I_n$ sinken kann, also in den Bereich, in dem die Fehler erheblich größer werden. Auch soll die betriebsmäßige Bürde der Nennbürde angeglichen sein, da bei zu kleiner Bürde der Stromfehler unzulässig groß werden kann. Durch geeignete Wahl einer Zusatzbürde mit mehr ohmschen oder mehr induktiven Eigenschaften können Stromfehler und Fehlwinkel beeinflußt werden. Die Meßgenauigkeit der Wandler ist ebenso wie die der Zähler und Relais in bestimmten Zeitabschnitten nachzuprüfen, da durch große Kurzschlußströme Schäden an den Wicklungen und auch Remanenzerscheinungen auftreten können.

[1]) M. Walter, ETZ 57 (1936) H. 41, S. 1172.

Digitized by Google

Die Überstromziffer gilt nach den VDE-Bestimmungen für Wandlerbelastungen mit konstanter Nennbürde. Bei Relais mit Eisenkern nimmt jedoch die Bürde mit dem Größerwerden des Stromes stark ab. Hierdurch wird die Überstromziffer und damit die Sicherheit bezüglich Leistungsreserve größer, was für die Schutzeinrichtungen oft von Vorteil ist[1]).

In Anlagen mit sehr großen Kurzschlußströmen ist die Verwendung der Stabstromwandler zweckmäßig. Ihre guten Eigenschaften lassen sie jedoch auch für andere Anlagen als vorteilhaft erscheinen. Die Stabstromwandler zeichnen sich aus durch unbegrenzte innere dynamische und sehr hohe thermische Festigkeit und Sprungwellensicherheit. Anordnungen bis zu vier Kernen sind möglich. Entsprechend ihrer Eigenart können diese Wandler allerdings nur sekundärseitig umgeschaltet werden. Daß hierbei die Leistung im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat der Windungszahl zurückgeht, wirkt sich nur bei kleinen Primärnennströmen ungünstig aus. Die Stabstromwandler verdrängen daher immer mehr die Mehrleiter-Durchführungswandler. Stützer- und Topfstromwandler sind raumsparender und liegen preislich oft günstiger. Sie machen deswegen im Gebiet mittlerer und geringerer Spannung den Stabstromwandlern den Platz dort streitig, wo an die Kurzschlußfestigkeit keine hohen Forderungen gestellt werden und wo der für den Wandlereinbau zur Verfügung stehende Platz sehr begrenzt ist. [M. Walter, Elektr.-Wirtsch. 35 (1936) S. 647.] *Bax.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

537. 525. 3. 082. 5 **Über die Empfindlichkeit der Schlierenkammer.** — Die Temperatur der Bogenentladung ist mit 6500 ° C eine der höchsten, die wir erreichen können. Auch bei einer Funkenentladung ist die Wärmeentwicklung beträchtlich. F. Trey untersucht, wie groß die Erwärmung im Kanal einer Vorentladung ist. Diese Entladungen sind in letzter Zeit von Kroemer, Raether u. a. in der Nebelkammer erforscht worden[2]). Eine Nebelspur kann sich aber nur dann bilden, wenn die Erwärmung die adiabatische Abkühlung in der Nebelkammer nicht ausgeglichen hat. Die Erwärmung kann also nicht groß sein. Um eine Schätzung der durch eine Vorentladung verursachten Temperaturerhöhung zu erhalten, wird die Ablenkung der Strahlen eines Schlierengeräts nach Toepler durch einen erwärmten Kanal theoretisch berechnet und mit der bekannten Empfindlichkeit der Schlierenanordnung verglichen. Es ergibt sich, daß eine Erwärmung von nur 1 ° genügt, um den Entladungskanal sichtbar zu machen. Man kann also für die feinsten auf einer Schlierenaufnahme gerade noch sichtbaren Verzweigungen des Entladungskanals eine Erwärmung um 1 ° annehmen. Diese Erwärmung wird durch den Stoß der positiven Ionen bewirkt, da die Wärmewirkung der Elektronen gering ist und vernachlässigt werden kann. Es wird dann noch berechnet, wieviel Ionen erforderlich sind, um die notwendige Wärmemenge zu liefern. Es ergibt sich, daß eine Elektronenlawine aus 10^8 Elektronen ausreicht, die gleichviel positive Ionen im Gasraum hinterläßt. [F. Trey, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 10, S. 683.]

621. 317. 72. 029. 6 **Spannungsmessungen bei extrem hohen Frequenzen mit dem Dioden-Voltmeter.** — Das Verfahren, sowohl Scheitelspannungen durch Aufladung einer Kapazität über einen Glühkathoden-Gleichrichter und die Bestimmung der sich ergebenden Ladespannung an der Kapazität zu messen, als auch die Vorteile dieses Verfahrens für Spannungsmessungen bei hohen Frequenzen sind in älteren Arbeiten[3]) des öfteren behandelt worden. Weiterhin sind in jüngster Zeit sehr ausführliche Untersuchungen[4]) über die Eigenschaften des Dioden-Voltmeters bei sehr hohen Frequenzen erschienen, die eine Erfassung der verschiedenen, bei dieser Meßart bestehenden Fehlerquellen zulassen. Megaw und Fortescue gelangten ebenso wie Rohde zu dem Ergebnis, daß das Dioden-Voltmeter bei Frequenzen bis zu etwa 10^8 Hz Spannungen der Größenordnung 10 V und mehr zu messen gestattet, ohne daß eine Nacheichung für Hochfrequenz notwendig wird (Fehler-Größenordnung unter 1 %). Hierbei werden besonders kapazitätsarm hergestellte Dioden mit fabrikatorisch beherrschbarem, kleinem Abstand Anode — Kathode (Größenordnung 0,3 mm) zugrunde gelegt.

Im Anschluß an diese Arbeiten berichtet M. v. Ardenne über eine von ihm entwickelte neue Ausführungsform der Diode, durch die der Frequenzbereich um etwa eine Zehnerpotenz in Richtung hoher Frequenzen hinausgeschoben wird. Durch eine äußerst kapazitätsarme Diode mit einer Anodenzuleitung von etwa 10 mm und einem Abstand Anode—Kathode von $5 \cdot 10^{-3}$ mm werden Fehler durch den Einfluß der endlichen Elektronenlaufzeiten in der Diodenstrecke und infolge der Spannungen längs der Zuleitungen so weit abgeschwächt, daß Spannungsmessungen mit einer Ungenauigkeit von wenigen Prozent bis zu Frequenzen von $1{,}5 \cdot 10^9$ Hz ausführbar werden. Der erwähnte äußerst kleine Elektrodenabstand wird bei der mit einer Glasfeder versehenen Diode vor Beginn einer Messung mit Hilfe eines Mikroskopantriebes eingestellt. Der Scheitelspannungs-Meßbereich einer Ausführung des beschriebenen Dioden-Voltmeters beträgt 0,5 bis 140 V. [M. v. Ardenne, Z. Hochfrequenztechn. 48 (1936) S. 117.] *Ggr.*

621. 317. 733. 025 **Wechselstrom-Meßbrücken mit Fremdabgleichung.** — Die Wechselstrom-Meßbrücken können bezüglich des Abgleichverfahrens in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden: 1. Brücken, die durch Veränderung der in ihren Zweigen enthaltenen (reellen, imaginären oder komplexen) Widerstände in sich so abgeglichen werden, daß in der Meßdiagonale kein Strom fließt (Eigenabgleichung), 2. Brücken, bei denen die Zweigwiderstände unverändert bleiben und bei denen die an der Meßdiagonale wirksame Spannung durch eine entgegengesetzt gerichtete, stetig veränderbare Vergleichspannung kompensiert wird (Fremdabgleichung). Im Anschluß an die von J. Krönert[1]) gegebene Übersicht über die Brücken mit Eigenabgleichung beschreibt W. Geyger die mit Fremdabgleichung arbeitenden Anordnungen.

Bei Wechselstrom-Meßbrücken mit Fremdabgleichung durch eine stetig regelbare Gegeninduktivität, die auch als Kompensationsschaltungen aufgefaßt werden können, wird die Spannung an der Meßdiagonale kompensiert durch die in der Sekundärwicklung einer Gegeninduktivität induzierte EMK, wobei der die Primärwicklung dieser Gegeninduktivität durchfließende Strom eine bestimmte Beziehung zu den in den Brückenzweigen fließenden Strömen hat. Hier bestehen folgende Möglichkeiten: 1. Die Primärwicklung wird von einem mit der Eingangsspannung verhältnis- und phasengleichen Strom durchflossen, 2. die Primärwicklung wird von dem Eingangsstrom durchflossen, 3. die Primärwicklung wird von einem Zweigstrom durchflossen. Diese Möglichkeiten werden an Hand zahlreicher Schrifttumshinweise ausführlich behandelt. [W. Geyger, Arch. techn. Mess. J 921-10 (1936), Lfg. 64.] *Vb.*

621. 317. 312 : 621. 314. 63. 08 **Strom- und Spannungsmessung mit Ventilgleichrichtern.** — An die Stelle einer unmittelbaren Wechselstrommessung mit Dynamometer-, Hitzdraht- und Weicheisengeräten kann man auch Messungen setzen, die auf dem Umwege über die Verwandlung des Wechselstromes in einen Gleichstrom vorgenommen werden. Technische Bedeutung hat dieser Weg zuerst in der Hochfrequenztechnik gefunden, die hierfür zu Detektor, Thermoelement und Röhren-Voltmeter griff. In der Niederfrequenztechnik hat die „Richtmessung" von Wechselströmen jedoch erst größere praktische Bedeutung gewonnen, seit im Trockengleichrichter ein ausreichend belastungsfähiges und einfach zu handhabendes Ventil zur Verfügung steht. H. Geffcken behandelt die Eigenschaften und die Anwendungsweise der Kupferoxydul-Trockengleichrichter bei Strom- und Spannungsmessungen. Er zeigt, daß die Hauptschwierigkeit bei der meßtechnischen Anwendung dieser Gleichrichter in der richtigen Berücksichtigung ihrer Ungleichmäßigkeiten besteht, da es

[1]) M. Walter, ETZ 55 (1934) S. 483.
[2]) Z. B.: Kroemer, Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 703.
[3]) G. Hilpert und H. Seydel, ETZ 47 (1926) S. 472; L. Rohde, Z. techn. Physik 12 (1931) S. 362.
[4]) E. C. S. Megaw, Wireless Engineer 13 (1936) S. 65, 135 und 201; C. L. Fortescue, J. Instn. electr. Engr. 77 (1935) S. 429. — ETZ 57 (1936) S. 66.

[1]) J. Krönert, Arch. techn. Mess. J 921-1 bis J 921-8 (1932); vgl. a. J. Krönert: Meßbrücken und Kompensatoren, Bd. 1, München und Berlin: R. Oldenbourg, 1935.

Digitized by Google

bisher noch nicht geglückt ist, Trockengleichrichter völlig gleichmäßig herzustellen. Bei Lagerung und Gebrauch treten häufig regellose Änderungen der Widerstände ein. Schließlich besitzen Trockengleichrichter stets einen sehr erheblichen Temperaturkoeffizienten (bis zu 6 % je Grad).

Bei der Strommessung kann man meist voraussetzen, daß der Spannungsabfall am Meßgerät klein gegenüber den anderen Spannungsabfällen im Stromkreise ist. Infolgedessen können die unvermeidlichen Änderungen des Gleichrichterwiderstandes dort so lange praktisch vernachlässigt werden, als der Leitwert in der Sperrichtung nicht über etwa 1 % des Leitwertes in der Laufrichtung anwächst. Die Einhaltung dieser Bedingung ist bei genügender Aussteuerung gewährleistet. Völlig anders liegen die Verhältnisse bei der Spannungsmessung, da hier der das Meßgerät durchfließende Strom ausschließlich von der Summe der Widerstände von Gleichrichter und Instrument abhängt. Bei der Spannungsmessung kann man den störenden Einfluß der Widerstandsänderungen des Gleichrichters bekanntlich dadurch herabmindern, daß man mit dem Gleichrichter und dem Gerät einen Vorwiderstand in Reihe schaltet. Während Hohage[1]) diesen Vorwiderstand in der Größenordnung des Gleichrichterwiderstandes wählte, bemaßen Jäger und Steinwehr[2]) den inneren Widerstand des Gleichrichters möglichst niedrig und wählten hingegen den Vorwiderstand etwa 500 bis 1000mal höher als den Gleichrichterwiderstand, um den Einfluß von Schwankungen des Gleichrichterwiderstandes auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Bemerkenswert ist nun, daß die heute verwendeten Vorwiderstände in ihrem Größenverhältnis zum Gleichrichterwiderstand zwischen den beiden, einerseits von Hohage, anderseits von Jäger und Steinwehr verwendeten Werten liegen. Geffcken und Richter[3]) haben nämlich schon 1927 gezeigt, daß zwischen diesen beiden ein technischer Bestwert liegt. Dieser Wert wird erreicht, wenn man Vorwiderstand und die Empfindlichkeit des Meßgerätes derart auf den Gleichrichterwiderstand und die Meßspannung abstimmt, daß der Vorwiderstand mindestens um eine Zehnerpotenz höher liegt als der Gleichrichterwiderstand, und daß der Meßbereich den angenähert geradlinigen Teil der Gleichrichterkennlinie umfaßt. Die große Bedeutung einer solchen Anpassung, die an Hand von Kennlinien ausführlich erläutert wird, kommt in den Skalenbildern der Geräte sehr klar zum Ausdruck. [H. Geffcken, Arch. techn. Mess. J 82—1, Lfg. 64, Oktober 1936.] *Ggr.*

621. 317. 35 **Zur Frequenzabhängigkeit von Drehfeldscheidern.** — Bereits im Jahre 1910 hat G. Lommel bei seinen Untersuchungen über das Verhalten des asynchronen Drehstrommotors bei unsymmetrischen Klemmenspannungen die Identität eines unsymmetrischen Drehstromsystems mit zwei gegenläufigen symmetrischen Drehstromsystemen benutzt. C. L. Fortescue hat auf dieser Identität seine Rechnung mit symmetrischen Koordinaten aufgebaut. Seither sind viele Versuche unternommen und Schaltungen entwickelt worden, die mit- und gegenläufigen symmetrischen Komponenten meßtechnisch zu erfassen. Solche Schaltungen werden als Drehfeldscheiderschaltungen bezeichnet. Sie enthalten sämtlich Blindwiderstände (Induktivitäten, Gegeninduktivitäten und Kondensatoren), und ihre Anzeige ist daher frequenzabhängig, d. h., sie ist nur richtig, solange die Istfrequenz mit der Nennfrequenz, auf die die betreffende Drehfeldscheiderschaltung abgeglichen ist, übereinstimmt. Mehr als diese allgemeine Aussage läßt sich über die Drehfeldscheiderschaltungen nicht machen. Die Frage nach der quantitativen Frequenzabhängigkeit einer bestimmten Schaltung läßt sich nur auf Grund einer besonderen Untersuchung der betreffenden Schaltung beantworten. Aber auch hierbei ist eine einfache Beantwortung der Frage nach der Frequenzabhängigkeit in geschlossener Form schwer möglich insofern, als die Gleichung für die Fehlanzeige (F in %) drei unabhängige Veränderliche enthält. Diese sind das Verhältnis der Istfrequenz zur Nennfrequenz, und die beiden Bestimmungsstücke, die — für den Fall eines Drehfeldscheiders für die verketteten Spannungen eines Drehstromsystems — die Gestalt des Dreieckes der verketteten Spannungen bestimmen, also z. B. das Verhältnis der Absolutwerte der zwei Spannungen $\mathfrak{U}_{12}$ und $\mathfrak{U}_{23}$ und der von diesen im Vektordiagramm eingeschlossene Winkel. G. Hauffe behandelt, um den Gang der Untersuchung über die Frequenzabhängigkeit eines Drehfeldscheiders an einem Beispiel vorzuführen, einen Drehfeldscheider für die verketteten Spannungen eines unsymmetrischen Drehstromsystems, bestehend aus einem induktiven, einem kapazitiven Widerstand und dem Widerstand des Anzeigeinstrumentes in Sternschaltung. An dem Anzeigeinstrument tritt bei Nennfrequenz eine Spannung auf, die proportional — und bei entsprechender Bemessung des Instrumentes gleich — der Spannung der gesuchten symmetrischen Komponente ist. Bei Abweichungen der Frequenz von der Nennfrequenz wandert der Nullpunkt der Sternschaltung auf einer Sextik bzw. bizirkularen Quartik, je nachdem der Instrumentenwiderstand induktiv oder rein ohmisch ist. Der vom Instrument angezeigte Wert weicht dann von dem wahren Wert der gesuchten symmetrischen Komponente ab, der trigonometrisch auf Grund einer einfachen graphischen Konstruktion berechnet werden kann. Aus dem angezeigten Wert und dem wahren Wert läßt sich in bekannter Weise der Frequenzfehler ermitteln. [G. Hauffe, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 11, S. 745.]

621. 317. 75 **Aufnahme mehrerer Vorgänge mit dem Einfach-Oszilliographen über Schnellschalter.** — Mit einem Einfach-Oszillographen lassen sich mehrere Vorgänge „gleichzeitig" aufnehmen, wenn die einzelnen Meßstellen mittels eines Schnellschalters abwechselnd an die Oszillographenklemmen gelegt werden, wobei auf die Zuordnung der Zeitkoordinaten zu achten ist. Periodische Vorgänge können so aufgenommen werden, daß die Umschaltung nach Ablauf einer oder mehrerer Grundwellen erfolgt; die Umschaltperiode muß hier ein ganzes Vielfaches jeder der Grundwellen der einzelnen Vorgänge sein, damit ein stillstehendes Bild und eine feste Phasenlage erreicht werden können. Bei nichtperiodischen Vorgängen wird mit einer Frequenz umgeschaltet, die mindestens 10mal größer ist als die höchste Meßfrequenz; das Oszillogramm stellt dann ein von den beiden Meßspannungen bzw. Meßströmen moduliertes Band dar. Bei Verwendung von Schleifenoszillographen ist in diesem Fall darauf zu achten, daß die Beruhigungszeit der Meßschleife kleiner ist als ein Viertel der Schaltperiode. Bei der Aufnahme langsamer Vorgänge (höchste vorkommende Frequenz bis zu 100 Hz) kann man Schwinggleichrichter verwenden; der unbeständige Kontaktwiderstand ist hier durch vorgeschaltete Widerstände unwirksam zu machen. Bei Verwendung von gesteuerten Sperrschicht-Gleichrichtern müssen Fehler, die durch die Ungleichheit der Kennlinien der einzelnen Gleichrichter entstehen, durch entsprechende Schaltmaßnahmen verringert bzw. ausgeglichen werden. Auch synchron umlaufende Schalter genügen nur für kleinere Frequenzen. Ihr Nachteil besteht in ihrem unverhältnismäßig großen Gewicht und Platzbedarf. Für Kathodenstrahlröhren kommen als Umschalter in erster Linie Schaltungen mit Stromtoren und Verstärkerröhren in Frage, die letzteren können gleichzeitig zur Verstärkung der Meßvorgänge dienen. [H. Pfannenmüller, Arch. techn. Mess. V 365-S, Aug. 1936.] *Wdt.*

Elektrowärme.

537. 312 **Eine anschauliche Deutung der Abzweigtemperatur scheibenförmiger Heißleiter.** — Die Arbeit knüpft an eine frühere Veröffentlichung[1]) des Verfassers an, die die technische Beherrschung des Wärmedurchschlags von Heißleitern behandelt. Dort wurde zunächst die Parallelschaltung von zwei in sich isothermen Einzelheißleitern untersucht, die jeder für sich durchschlagsfrei sind. Eine solche Parallelschaltung ist bekanntlich von einer gewissen Leistung ab instabil, da von dieser Belastung ab jeder der beiden Einzelheißleiter eine fallende Strom-Spannungs-Kennlinie aufweist. Bei Überschreitung dieser Grenze, die man zweckmäßigerweise durch die entsprechende Betriebstemperatur, die „Abzweigtemperatur", kennzeichnet, bilden sich Temperaturunterschiede zwischen den beiden Einzelheißleitern aus. Bringt man eine wärmeleitende Verbindung zwischen den beiden Heißleiterkörpern an, so kann man dadurch isothermes Arbeiten der beiden Heißleiter bis zu höheren

[1]) Hohage, Helios 25 (1919) S. 201.
[2]) Jäger und Steinwehr, Arch. Elektrotechn. 13 (1924) S. 330.
[3]) Geffcken und Richter, DRP. 634 184 vom 1. 11. 1927.

[1]) ETZ 57 (1936) H. 35, S. 1005.

Digitized by Google

Belastungen erzwingen, und zwar ist die Erhöhung der Abzweigtemperatur abhängig von der erzielten „thermischen Querkopplung". Auch bei kontinuierlichen Problemen — wie dem Heißleiterstreifen und der kreisförmigen Heißleiterplatte — liegen die Verhältnisse ganz ähnlich.

Diese bisher qualitative Analogie zwischen kontinuierlichen Problemen und dem einfachsten diskontinuierlichen Fall der beiden parallelgeschalteten Einzelheißleiter verschärft die vorliegende Arbeit zu quantitativer Übereinstimmung hinsichtlich der Abzweigtemperatur. Man kommt so zu einem „thermischen Ersatzschaltbild", das sich anschaulich ohne weiteres übersehen läßt; denn in dem Fall der beiden Einzelheißleiter ist das Maß für die entscheidende „thermische Querkopplung" einfach gleich dem doppelten Verhältnis des thermischen „Quer"-Leitwerts der wärmeleitenden Verbindung zwischen den beiden Heißleiterkörpern zu dem thermischen „Längs"-Leitwert zwischen einem Heißleiterkörper und der Wärmeerde. [E. Spenke, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 11, S. 728.]

Verkehrstechnik.

621. 34 : 629. 123 **Indienststellung des neuen Frachtschiffes „Wuppertal" der Hamburg-Amerika Linie.** — Nach erfolgreicher Probefahrt wurde das neue Frachtschiff „Wuppertal" (Abb. 3), das auf der Deutschen Werft in Hamburg erbaut worden ist, dem Dienst der Hamburg-Amerika Linie übergeben. Dieses Ereignis ist

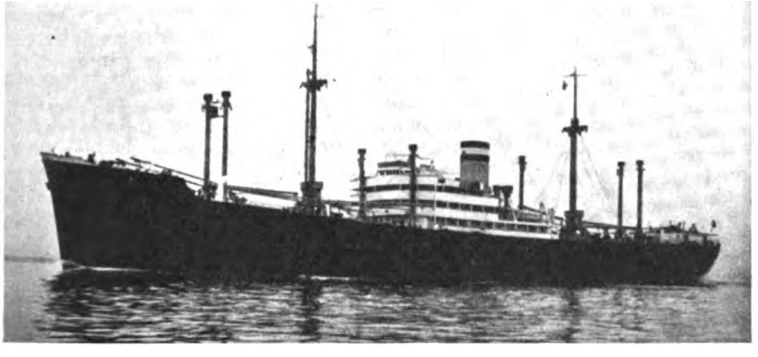


Abb. 3. Das Frachtschiff „Wuppertal".

in der Geschichte der deutschen Technik besonders bemerkenswert. Die „Wuppertal" ist das erste Schiff, das dieselelektrischen Antrieb für den Propeller mit Drehstromausrüstung erhalten hat. Ermutigt durch die guten Erfahrungen mit den turboelektrischen Hauptantriebsanlagen der beiden neuen Ostasienschiffe „Potsdam" und „Scharnhorst"[1]), die nunmehr seit eineinhalb Jahren Dienst tun, hatte sich die Reederei entschlossen, für dieses neue Schiff auch die elektrische Übertragung, und zwar die von Brown, Boveri & Cie. entwickelte, zu wählen[2]).

Drei von MAN-Dieselmotoren angetriebene Drehstromgeneratoren dienen zur Erzeugung der Energie. Sie speisen über Hochspannungskabel auf den Synchron-Propellermotor, der mit 6800 WPS die Schraube antreibt. Diese Aufteilung der Leistungserzeugung bringt zunächst eine wesentliche Vermehrung der Betriebssicherheit; außerdem bietet sie aber den großen Vorteil, daß das Schiff für alle in Frage kommenden Fahrtstufen in wirtschaftlichster Weise angetrieben werden kann, da man durch einfaches Zu- oder Abschalten von Dieselgeneratoren die Höhe der erzeugten Leistung dem Fahrtbedürfnis entsprechend einstellen kann. Die Manövrierfähigkeit der Hauptantriebsanlage hat bei den Erprobungen in vollstem Maße befriedigt, was der guten und einfachen Steuerfähigkeit der elektrischen Übertragung zu verdanken ist.

Neu und von besonderer Bedeutung ist bei der „Wuppertal", daß für die Hilfsmaschinen und auch für das übrige Bordnetz Drehstrom verwendet wird. Damit sind verschiedene wesentliche technische Vorteile verbunden. Diese neuartige Bordnetzanlage benutzt natürlich weitgehend die reichen Erfahrungen der an Land überall vorhandenen und bewährten Drehstromversorgung; sie bringt nicht unbeträchtliche Ersparnisse in den Anschaffungskosten und erlaubt vor allem, den Betrieb besonders wirtschaftlich im Zusammenhang mit der Energieerzeugung durch die Hauptmaschinen zu führen. Außerdem bringt die ausschließliche Verwendung von Kurzschlußläufermotoren wesentliche Ersparnisse an Ausbesserungskosten gegenüber dem bisher auf Schiffen verwandten Gleichstromsystem. *f.*

[1]) ETZ 56 (1935) S. 809 u. 815.
[2]) DRP. 623 369.

Fernmeldetechnik.

621. 315. 21 : 621. 397. 5 **Die Dämpfung und Laufzeit von Breitbandkabeln.** — Breitbandkabel sind unpupinisierte Kabel, die ein sehr großes Frequenzband übertragen. Die bei normalen Kabeln übliche Papierisolation kann bei ihnen nicht Verwendung finden, da Papier bei hohen Frequenzen zu große Verluste hat. Es wurde daher für das Breitbandkabel eine neuartige verlustarme Isolation geschaffen.

Für jede Kabeltype, z. B. das koaxiale (unsymmetrische) und das symmetrische Kabel[1]), gibt es für eine gegebene Dämpfung eine günstigste Dimensionierung. Beim koaxialen Kabel versteht man hierunter dasjenige Verhältnis zwischen den Durchmessern des Innen- und Außenleiters, welches bei gegebenem Kabeldurchmesser die kleinste Dämpfung liefert; beim symmetrischen Kabel liegen die Verhältnisse schwieriger, weil hier sowohl der günstigste Leiterdurchmesser als auch der günstigste Leiterabstand ermittelt werden muß, die beide zusammen bei gegebenem Kabeldurchmesser die kleinste Dämpfung liefern. Bei gleichen Kabeldurchmessern und günstigster Anordnung bestehen zwischen den Dämpfungen folgende Beziehungen:

$$\beta_k : \beta_u : \beta_s = 3{,}5 : 4{,}5 : 5{,}1$$

Hierin ist β_k die Dämpfung des koaxialen Kabels, β_u bzw. β_s die Dämpfung des unsymmetrischen bzw. symmetrischen Leitungssystems im symmetrischen Kabel (die unsymmetrische Leitung besteht aus den beiden Innenleitern einerseits und der Hülle anderseits). Obige Gleichung besagt, daß z. B. die Dämpfung β_s der symmetrischen Leitung über 40 % größer ist als diejenige β_k des koaxialen Kabels gleichen Durchmessers.

Wichtig ist ferner das Verhalten der Laufzeit in Abhängigkeit von der Frequenz. Es zeigt sich, daß die Laufzeit mit zunehmender Frequenz etwas geringer wird, weil die magnetischen Kraftlinien mit wachsender Frequenz immer mehr aus den Leitern herausgedrängt werden, so daß die Induktivität und damit die Laufzeit abnimmt. Diese Laufzeitverzerrung des Kabels hat nun eine verschiedene Phasenverdrehung der einzelnen Frequenzen zur Folge, so daß bei Zweiseitenbandübertragung mittels modulierter Trägerfrequenz gewisse Frequenzen nach der Gleichrichtung ausgelöscht werden können, wenn die Kabellänge hinreichend groß ist. Unterhalb einer gewissen Kabellänge, der sog. „Grenzlänge", kann keine Auslöschung mehr eintreten. Bei einem koaxialen Kabel von beispielsweise 18 mm Dmr. und einer Trägerfrequenz von 1000 kHz mit einer Seitenbandbreite von 500 kHz beträgt diese Grenzlänge etwa 330 km. Die Laufzeitverzerrungen bei allen Kabeln mit gleicher Dämpfung sind die gleichen, unabhängig davon, ob die Kabel koaxial oder symmetrisch sind.

Für das betriebsmäßige Verhalten des Kabels spielt ferner seine Gleichmäßigkeit in der Längsrichtung eine Rolle. Die Rechnung zeigt, daß vor allem die Fabrikationsungenauigkeiten des Innen- und Außenleiters die Schwankungen des Wellenwiderstandes verursachen. Exzentrizitäten des Innenleiters beim koaxialen Kabel und Abstandsänderungen der beiden Leiter beim symmetrischen Kabel gehen erst in zweiter Ordnung in die Schwankungen des Wellenwiderstandes ein. Deswegen ist bei der Herstellung besonders auf die Gleichmäßigkeit der Durchmesser zu achten.

Es wird ferner auf die Meßverfahren eingegangen, welche zur Bestimmung der Kabelkonstanten an kurzen Längen und an Fabrikationslängen bei Hochfrequenz geeignet sind. Die Messung der Ableitung ist in vielen

[1]) Vgl. H. F. Mayer u. E. Fischer, ETZ 56 (1935) S. 1246, Abb. 5.

Digitized by Google

Fällen sehr schwierig. Man kann jedoch die Ableitung durch den Umweg über die Messung der Dielektrizitätskonstanten der gesamten Isolation und derjenigen des massiven Isolationsmaterials abschätzen, wofür ein Rechenverfahren angegeben wird. Es ergibt sich z. B. für die Isolation mittels Styroflexwendel, daß ihr Verlustwinkel etwa $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ bei 1000 kHz beträgt. Der Verlustwinkel des Styroflex selbst ist etwa viermal größer, also rd. $2 \cdot 10^{-4}$. [H. Kaden, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 11, S. 691.]

621. 394. 74 **Ein Übertragungssystem für den Fernschreibvermittlungsdienst**[1]. — An dem im Jahre 1931 in den V. S. Amerika eingerichteten Teilnehmer-Fernschreibnetz nehmen z. Z. über 8500 Teilnehmer teil; 150 Vermittlungsämter sind eingerichtet und 500 000 Meilen Telegraphenleitungen verbinden die Ämter untereinander. Die Herstellung einer Verbindung dauert durchschnittlich 1,3 min. Als Telegraphengerät beim Teilnehmer wird der nach dem Start-Stop-Prinzip mit Fünferzeichen arbeitende Springschreiber mit Empfangssteller verwendet, der nur für die Dauer der Übertragung jedes Zeichens Gleichlauf verlangt und daher Abweichungen der Motorengeschwindigkeit von 7 % zuläßt. Der Telegraphierstrom wird vom Amt geliefert. Mit dem Springschreiber können 60 Wörter je min übertragen werden. Er erfordert ein Frequenzband von 45 Hz. In der Anschlußleitung wird im allgemeinen vom Teilnehmer zum Amt mit Einfachstrom, vom Amt zum Teilnehmer mit Doppelstrom gearbeitet.

Das planmäßig aufgebaute Netz enthält acht Knotenämter, die durch hochwertige Leitungen miteinander verbunden sind. An jedes Knotenamt sind mehrere Vermittlungsämter und an diese nach Bedarf weitere kleine Zentralen angeschlossen. Zur Begrenzung der Zahl der Vermittlungsämter, die beim Aufbau einer Verbindung mitwirken, werden unmittelbare Verbindungen zwischen den Ämtern überall da eingerichtet, wo es das Verkehrsbedürfnis rechtfertigt.

In welchem Maße eine Verbindung oder ihre Teile für eine Telegraphenübertragung geeignet sind, wird durch den „Übertragungskoeffizienten" nach einem System, das dem der Dämpfungswerte bei Fernsprechübertragungen ähnlich ist, gekennzeichnet. Dem System liegt zugrunde, daß der Höchstwert der Verzerrung eines Stromkreises bei ungünstigsten Bedingungen ermittelt und daß nach Erfahrung und Wahrscheinlichkeitsrechnung die wahrscheinliche Gesamtverzerrung einer Verbindung aus der Summe der Quadrate der entsprechenden Werte der Einzelabschnitte errechnet werden kann. Für jede Leitungsart bestimmter Höchstlänge ist ein Koeffizient aufgestellt; er ist im allgemeinen proportional dem Quadrat der Höchstverzerrung. Durch Addition der Koeffizienten der Einzelabschnitte wird der Koeffizient der Gesamtverbindung gefunden, der eine Schätzung der Übertragungsgüte der Gesamtverbindung ermöglicht. Eine Betrachtung der Koeffizienten der einzelnen im Vermittlungsnetz verwendeten Leitungsarten (Gleichstrom-, Tonfrequenz- und Hochfrequenztelegraphie) zeigt, daß bei allen 4- bis 5gliedrigen und zeitweilig auch bei 3gliedrigen Fernverbindungen die jeweilige Einschaltung von entzerrenden Übertragern notwendig ist. [R. E. Pierce und E. W. Bemis, Electr. Engng. 55 (1936) S. 961.] *Fnu.*

621. 394. 74 **Vermittlungsschränke und Zeichengebung des Fernschreiber-Vermittlungssystems.** — Die gesteigerte Nachfrage nach telegraphischen Verbindungen von Teilnehmer zu Teilnehmer hat in Amerika im Jahre 1931 nach Erfindung der Fernschreibmaschine zur Einrichtung eines allgemeinen Fernschreib-Vermittlungsdienstes nach Art des Fernsprechbetriebes geführt. Dabei hat man nicht die vorhandenen Fernsprechanlagen mitbenutzt, sondern besondere Einrichtungen unter Verwendung von Handvermittlungsanlagen geschaffen.

Zwei Schrankarten sind im Gebrauch. Der größere hat in der Mitte der Tischplatte die Abfragemaschine und zu deren beiden Seiten je neun Schnurpaare mit den Stöpseln, Hebelumschaltern und Lampen. Das in sechs Felder aufgeteilte Klinkenfeld nimmt 3600 Anschluß- und 480 Fernleitungen auf. Sämtliche Klinken sind über die ganze Schrankreihe vielfach geschaltet. Nur die untere Hälfte der Anschlußleitungsklinken ist mit Anruflampen versehen; in einer zweiten Schrankreihe liegen die Hälften umgekehrt. Bei mehr als 30 Plätzen wird eine besondere Schrankreihe für den Durchgangs- und den ankommenden Endverkehr aufgestellt. Bei dem kleineren Schrank sind die Schnurstöpsel auf einer schrägen Tischplatte angeordnet. Die Abfragemaschine steht darunter auf einem beweglichen Tisch. Hierdurch läßt sich die Zahl der Plätze leicht dem jeweiligen Verkehrsumfang unter Zuteilung einer entsprechenden Anzahl von Schnurpaaren anpassen. Das Vielfachklinkenfeld über der schrägen Tischplatte hat eine Aufnahmefähigkeit von 1200 Anschluß- und 240 Fernleitungen. Die Schnurpaare sind für alle Verbindungsarten gleich. Dies erfordert Verlängerungswiderstände in den Anschlußleitungen und Übertragerabschlüsse der Fernleitungen. Jedem Schnurpaar sind ein Übertrager, der Schlüssel zum Einschalten der Abfragemaschine und alle sonstigen üblichen Einrichtungen für Verbindungsaufbau und Überwachung zugeordnet. Die Schränke besitzen Einrichtungen für Konferenzzusammenschaltungen und entzerrende Übertragungen, die bei Bedarf eingeschaltet werden können.

Bei den Teilnehmerbetriebsstellen werden überwiegend Blattdrucker verwendet. Die Zusatzeinrichtungen für Einschaltung der Fernschreibmaschine, Amtsanruf, Wecker und dgl. sind am Maschinentisch angeordnet. Einschalten der Maschine und Amtsanruf (Schließen der Schleife) erfolgen durch Umlegen eines Hebelumschalters. Mit demselben Schalter werden auch Rückruf (kurze Unterbrechung der Schleife) und Schlußzeichen (längere Unterbrechung) gegeben. Die verschiedenen Zeichen lassen im Amt Lampen aufleuchten, woraufhin abgefragt, die Verbindung hergestellt, rückgefragt oder getrennt wird. Beim angerufenen Teilnehmer wird mit 20 Hz Rufstrom ein Wecker betätigt. Die Teilnehmermaschinen können entweder vom Amt angelassen, oder müssen von Hand eingeschaltet werden. Teilnehmer am Ort der Vermittlungsstelle werden über eine einfache Doppelleitung, solche in größerer Entfernung über eine Telegraphenleitung mit entsprechenden Übertragern oder über Fernsprechleitungen mit entsprechenden Umsetzern angeschlossen.

Über die Fernleitung werden Rufzeichen, Rückruf und Schlußzeichen in Form von Stromstößen von 2 s, 7 s und 10 s Dauer gegeben, wobei die Zeiten mechanisch einstellbar sind. [A. D. Knowlton, G. A. Locke, F. J. Singer, Electr. Engng. 55 (1936) S. 1015.] *Fnu.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

621. 318. 4 **Zylinderspulen mit ungleichmäßiger Windungsdichte zur Erzeugung von homogenen Feldern.** — Zur Erzeugung von homogenen Feldern können neben langen Zylinderspulen und der bekannten Helmholtzschen Kreise oder anderen Kombinationen von kreisförmigen Leitern auch kurze Zylinderspulen verwendet werden, in welchen die Windungsdichte nicht konstant, sondern nach einem gegebenen Gesetz längs der Spulenlänge veränderlich ist. Die drei folgenden Fälle werden untersucht: Spulen mit linear von der Spulenmitte nach beiden Enden ansteigender Windungsdichte. Spulen mit quadratisch ansteigender Windungsdichte und Spulen mit zusätzlicher linear ansteigender Windungsdichte. Die Untersuchung beschränkt sich auf die rechnerische Verfolgung der axialen Feldkomponente auf der Spulenachse, und die Gleichmäßigkeit des Feldes wird durch die prozentuale Abweichung

$$\varkappa = \frac{H_x - H_0}{H_0} 100\ \%$$

ausgedrückt, wobei H_0 die axiale Feldkomponente in der Spulenmitte und H_x diejenige in der Entfernung x von der Spulenmitte bedeutet. Für jede Wicklungsart kann die günstigste Spulenform gefunden werden. Für den ersten Fall ist die günstigste Spulenform durch $\alpha = a/2R = 0{,}85$ gegeben, wobei a Spulenlänge und R Spulenhalbmesser ist. Dann ist $\varkappa < -0{,}002\ \%$ bei $\xi = x/R = 0{,}1$ und $\varkappa = -0{,}105\ \%$ bei $\xi = 0{,}2$, während man mit Hilfe der Helmholtzschen Kreise nur $\varkappa = -0{,}007$ bzw. $-0{,}178\ \%$ erhalten kann. Der theoretisch angenommene Windungsanstieg kann praktisch nur angenähert durch eine Über-

[1]) S. a. nächsten Bericht.

Digitized by Google

lagerung von Teilspulen verschiedener Länge verwirklicht werden. Die Abweichungen der Werte von $\varkappa$ für die idealen und die zusammengesetzten Spulen sind aber sehr klein, und man kann also bequem die durch die Helmholtzschen Spulen erreichbare Gleichmäßigkeit der axialen Feldkomponente weit übertreffen. Die ungleichmäßige Windungsdichte bietet auch die Möglichkeit, kurze Spulen mit verhältnismäßig kleinen Abweichungen der axialen Feldkomponente (± 6 bis 10 %) längs der ganzen Spulenlänge zu entwerfen. [J. Hak, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 11, S. 736.]

537. 313. 001. 5 : 621. 316. 11 **Einige Folgerungen aus dem Ableitungssatz von Helmholtz (Theorem von Thevenin).** — Helmholtz hat bereits 1853 in einer Abhandlung über tierische Elektrizität den Satz ausgesprochen, daß, wenn zwischen zwei Punkten eines Netzwerkes eine gewisse Spannung U besteht, das Netzwerk wie ein Generator mit der elektromotorischen Kraft U und dem Scheinwiderstand zwischen diesen beiden Punkten als Innenwiderstand angesehen werden kann. Später ist dies Theorem von Thevenin 1883 wiedergefunden und unter dessen Namen bekanntgeworden. Man macht bei Netzberechnungen häufig von diesem Theorem Gebrauch. Man kann es bei der Änderung der Stromverteilung eines gegebenen Netzwerkes benutzen, wenn dieses durch Anschalten eines neuen Leiterzweiges erweitert oder durch Abschalten eines Leiterzweiges verkleinert wird.

Es läßt sich zeigen, daß ein duales Theorem aufgestellt werden kann, welches folgendes besagt: Führt eine Leitung eines Netzwerkes einen Strom $\mathfrak{J}$, so kann das Netzwerk aufgefaßt werden als ein Generator mit der konstanten Stromquelle $\mathfrak{J}$, der ein Innenleitwert parallel geschaltet ist, welcher gleich demselben Leitwert ist, den man zwischen den Enden der aufgeschnittenen Leitung bei kurzgeschlossenen Eingangsklemmen mißt. Mit Hilfe dieses dualen Theorems kann die Änderung der Stromverteilung in einem Netzwerk berechnet werden, wenn in irgendeinen Zweig des Netzes ein weiterer Scheinwiderstand eingeschaltet, oder irgendein Scheinwiderstand des Netzes kurzgeschlossen wird.

Mit Hilfe beider Sätze kann man dann die Änderung des Scheinwiderstandes des gesamten Netzes berechnen. Ferner läßt sich die allgemeine Bedingung ableiten, die für vollständige Entkopplung zweier Zweige eines Netzes erfüllt sein muß. Im Falle der Wheatstoneschen Brücke ergibt sich daraus natürlich die bekannte Brückenbedingung. [H. Wigge, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 11, S. 754.]

512. 9 **Die Ermittlung von orthogonalen Kreisscharennetzen für die Darstellung vektorieller Zusammenhänge.** — In dieser Arbeit wird die geometrische Darstellung von vektoriellen Zusammenhängen behandelt, die durch die allgemeine Gleichung

$$\mathfrak{W} = \frac{\mathfrak{A}_0 + \mathfrak{A}_1 \mathfrak{V}}{\mathfrak{B}_0 + \mathfrak{B}_1 \mathfrak{V}} \qquad (1)$$

bestimmt sind. Die in der Gl. (1) auftretenden Größen $\mathfrak{V}$ und $\mathfrak{W}$ stellen ebene Vektoren dar, wobei $\mathfrak{V}$ die Rolle der unabhängigen und $\mathfrak{W}$ die Rolle der abhängigen Veränderlichen spielt. Die Größen $\mathfrak{A}_0$, $\mathfrak{A}_1$, $\mathfrak{B}_0$ und $\mathfrak{B}_1$ sind konstant. Bei elektrotechnischen Problemen kann die Größe $\mathfrak{V}$ z. B. durch einen Scheinwiderstand oder Scheinleitwert dargestellt werden. Die unabhängige Veränderliche $\mathfrak{V}$, für deren Bestimmung zwei Parameter erforderlich sind, wird auf ein kartesisches Koordinatennetz bezogen, dessen Geradenscharen bestimmten Wertefolgen der zwei Parameter entsprechen. Für die Darstellung der abhängigen Veränderlichen $\mathfrak{W}$ ergibt sich dann ein aus zwei orthogonalen Kreisscharen bestehendes Koordinatennetz, das eine konforme Abbildung des kartesischen Koordinatennetzes für die unabhängige Veränderliche $\mathfrak{V}$ darstellt. Wenn die Elemente der beiden Kreisscharen mit den zugehörigen Wertefolgen der zwei Parameter beziffert werden, so lassen sich umgekehrt die Bestimmungsgrößen der abhängigen Veränderlichen $\mathfrak{W}$ ermitteln, die gegebenen Wertepaaren der zwei Parameter für die unabhängige Veränderliche $\mathfrak{V}$ entsprechen. In der Arbeit wird zunächst ein einfacher Weg für die Ermittlung der in Rede stehenden orthogonalen Kreisscharennetze abgeleitet. Im Anschluß daran wird das geschilderte Darstellungsverfahren auf die T-Schaltung angewendet, die als Ersatzschaltung bei zahlreichen elektrotechnischen Problemen eine wichtige Rolle spielt. Bei konstanter Frequenz sind die Bestimmungsgrößen der unbelasteten T-Schaltung konstant, in welchem Fall der der Endbelastung entsprechende Scheinwiderstand $\mathfrak{Z}_e = R_e + \mathrm{j} X_e$ (Parameter R_e und X_e) die Rolle der unabhängigen Veränderlichen $\mathfrak{V}$ übernimmt. Als erstes Beispiel wird das orthogonale Kreisscharennetz für die Darstellung des primären Scheinleitwertes $\mathfrak{Y}_1$ der T-Schaltung abgeleitet. Bei konstanter Primärspannung kann dieses Netz gleichzeitig für die Ermittlung des Primärstromes $\mathfrak{J}_1$ in Abhängigkeit von der durch die Parameter R_e und X_e bestimmten Endbelastung verwendet werden. Als weitere Beispiele werden die Kreisscharennetze für die Darstellung des Sekundärstromes und des Verhältnisses der Sekundärspannung zur Primärspannung behandelt. Es zeigt sich dabei, daß die orthogonalen Kreisscharennetze für die Darstellung der genannten Größen einander ähnlich sind. In solchen Fällen kann man mit einem einzigen „Grundnetz" auskommen, das auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem w', b' mit dem Ursprung O' bezogen wird. Für jede der n abhängigen Veränderlichen $\mathfrak{W}^{(n)}$ ist dann ein besonderer Ablesemaßstab und ein besonderes Bezugssystem $w^{(n)}$, $b^{(n)}$ mit dem Ursprung $O^{(n)}$ zu ermitteln. Die abhängigen Veränderlichen $\mathfrak{W}^{(n)}$ werden zweckmäßig mit Hilfe von n auf Pauspapier gezeichneten Ablesediagrammen entnommen. In jedes dieser Diagramme ist außer dem Koordinatensystem w', b' mit dem Ursprung O' (das bei der Ablesung mit dem Koordinatensystem w', b' des Grundnetzes zur Deckung zu bringen ist) das zugehörige Bezugssystem $w^{(n)}$, $b^{(n)}$ mit dem Ursprung $O^{(n)}$ einzutragen. Die praktische Anwendung dieses vereinfachten Darstellungsverfahrens wird an den früher behandelten Beispielen gezeigt. Zum Schluß der Arbeit wird auch auf die Ermittlung der primären und sekundären Leistungen und des Wirkungsgrades der T-Schaltung hingewiesen. [H. Kafka, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 11, S. 712.]

538. 1 **Die magnetische Leitfähigkeit als spezifische und relative Größe.** — In der magnetischen Grundgleichung

$$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$$

werden nach dem technischen Maßsystem die Kraftliniendichte $\mathfrak{B}$ und die Feldstärke $\mathfrak{H}$ verschieden benannt, während die Leitfähigkeit μ als reine Zahl behandelt wird. Die Gleichung birgt somit einen Widerspruch in sich, weil ungleiche Größen gleichgesetzt werden. Zur Beseitigung dieses Mißstandes wird die Einführung einer spezifischen Leitfähigkeit μ_s als Proportionalitätsfaktor zwischen der Ursache $\mathfrak{H}$ und der Wirkung $\mathfrak{B}$ und daneben die Beibehaltung des Faktors μ als relative Leitfähigkeit und als das Verhältnis zweier gleichartiger Größen gemäß der Beziehung:

$$\mu = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}_{\text{luft}}} = \frac{\mu_s}{\mu_{s\,\text{luft}}}$$

empfohlen. In der begrifflichen Entwicklung wird die spezifische Leitfähigkeit μ_s in zwei Faktoren c_1 und c_2 nach

$$\mu_s = c_1 c_2$$

aufgespalten. Der erste Faktor c_1 entspricht der Natur- und Stoffkonstante, die sich aus Naturgesetzen ergibt, die aus der Wechselwirkung zwischen einer Magnetnadel, einem stromdurchflossenen Leiterstückchen oder dem Zeitintegral der Induktionsspannung einer Spule einerseits und der magnetischen Feldstärke anderseits abgeleitet werden. Der zweite Faktor c_2 ist dagegen eine willkürliche Maßzahl, indem er die Kraftliniendichte als willkürliches Maß für die Wirkung mit dieser verknüpft. Auf diese Weise wird es dann auch verhältnismäßig einfach, den Begriffen des Magnetismus eine leicht verständliche Grundlage zu geben. [W. Krug, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 11, S. 752.]

Digitized by Google

Hochspannungstechnik.

621. 315. 615. 2. 015. 51 **Untersuchung über den Durchschlag und die Vorgänge bei elektrischer Beanspruchung in Isolierölen verschiedener Festigkeit.** — E. Conradi berichtet über das elektrische Verhalten von Isolierölen verschiedener Festigkeit. Der Verfasser geht in der Aufgabenstellung von den drei bekannten Theorien aus: reiner Faserdurchschlag, verschleierter Gasdurchschlag, Ionisationsvorgang, und untersucht das gleiche Ausgangsöl in den Festigkeitsgrenzen von 25 bis 245 kV/cm zwischen Plattenelektroden bei jeweils gleichen Versuchsbedingungen in zwei zueinander senkrechten Richtungen. Ist dabei ein Wärmevorgang ausschlaggebend von Bedeutung, so wird er sich in der einen Beanspruchungsrichtung deutlicher zeigen als in der anderen.

Sämtliche Versuche wurden in einer eigens gebauten Glaskugel durchgeführt so daß durch optische Vergrößerung einzelne Vorgänge im Öl verfolgt werden konnten. Auf diese Art war es möglich, neben anderen bereits bekannten Erscheinungen im abgedunkelten Raum in Ölen von 50 bis 180 kV/cm Festigkeit zwischen den Elektroden nach Anlegung von Spannung einzelne Glimmpünktchen zu beobachten. Stets setzte an den Stellen des stärksten Glimmens auch der Öldurchschlag ein. Dieses Glimmen wird zurückgeführt auf Ionisation in adsorbierten Luftbläschen und in mit Luft gefüllten Hohlräumen der Fasern. Durch mikroskopische Aufnahmen konnten solche Hohlräume in den im Öl schwimmenden Fasern festgestellt werden.

Die in Schaubildern aufgetragenen Meßpunkte zeigen nun in Ölen von 50 bis 180 kV/cm Festigkeit, daß bei senkrechter Beanspruchung der Durchschlag bei gleicher Stufenspannung in kürzerer Zeit erfolgt als in waagerechter Richtung. Entsprechend der niedrigeren Durchschlagspannung ist auch die Stromaufnahme (I_R) in senkrechter Anordnung größer als in waagerechter. Bei einem Öl von 120 kV/cm findet man für die Durchschlagspannung und die Stromaufnahme die größten Unterschiede zwischen senkrechter und waagerechter Beanspruchung. Diese betragen für den Durchschlag 18 bis 20 % und für die Stromaufnahme 50 %. Der beobachtete Unterschied wird auf die durch das Glimmen hervorgerufene Wärmeentwicklung zurückgeführt, die sich in senkrechter Anordnung stärker auswirkt, da bei waagerechter Anordnung die Wärme rascher aus dem Elektrodenraum abströmen kann.

Damit glaubt der Verfasser eine Bestätigung für die Theorie des verschleierten Gasdurchschlages gefunden zu haben. Der verschleierte Gasdurchschlag tritt aber dann nur in Ölen mit einer Festigkeit von 50 bis 180 kV/cm deutlich in Erscheinung. In Ölen unterhalb und oberhalb dieser Festigkeitsgrenzen ist praktisch kein Unterschied zwischen senkrechter und waagerechter Beanspruchung für den Durchschlag bzw. für die Stromaufnahme festzustellen. In solchen Ölen scheint daher die Theorie des reinen Faserdurchschlages bzw. des Ionisationsvorganges ausschlaggebend zu sein. Die drei Gebiete des reinen Faserdurchschlags, des verschleierten Gasdurchschlags und des Ionisationsvorganges sind aber nicht streng voneinander abzugrenzen, vielmehr überlagern sie sich je nach Ölfestigkeit. [E. Conradi, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 10, S. 677.]

621. 317. 728. 089. 6 **Zur Spannungsmessung mittels Grenzspannungen und Funkenspannungen.** — In einem einfach gestalteten Schlagraum erfolgt der Übergang zweier Entladungsformen (wie lichtloses Fließen, Glimmen, Büschel, Büschelbogen, Bogen) ineinander unter Spannungssturz der stromschwächeren Form in die stromstärkere. Bei einigen Grenzspannungen bilden sich hierbei bekanntlich Funken, wenn hinreichende Elektrodenkapazität vorhanden ist. Zunächst wird darauf hingewiesen, daß sich auch viele Grenzspannungen ohne Funkenbildung, also ohne die hierbei oft störende Kurzschließung, zu Spannungsmessungen eignen. Die Anwendung einpolig geerdeter Entladungsstrecken im Käfig wird erneut empfohlen, auch wegen leichter gefahrloser Beobachtung und der Möglichkeit, die Änderung des Geräusches zu Hilfe zu ziehen. Den Tabellen der Grenzspannungen sollten solche der Grenzstromstärken beigegeben werden; Stromstärkemessung könnte allein schon z. B. bei Streifenentladung zur Spannungsermittlung dienen.

Oft ist der Übergang durch Zwischenformen abgestuft (Feinstruktur der Grenzspannungen). Dies gilt auch für die mit Funkenbildung verbundenen Übergänge, auch selbst für die meist benutzte Funkenbildung aus Anfangspannung heraus; hierzu gehört auch die Töplersche Knickstelle. Je nach den Einzelheiten der Versuchsanordnung (nicht nur nach Gleich-, Wechsel- oder Stoßspannung) können sich die Stufen der Feinstruktur ändern. Daher wohl zeigen im allgemeinen mit Kugelfunkenstrecken am gleichen Orte ausgeführte Messungen bis auf wenige Promille gleichbleibende Werte, während sich Unterschiede von mehreren Prozent bei gleich sorgfältigen Messungen an verschiedenen Orten dauernd gleichbleibend ergeben können. Hierauf wäre bei kritischer Sichtung der Beobachtungen zwecks weitgehender Ausnutzung zu achten: für jede Versuchsanordnung wäre genau genommen eine eigene Eichtafel, aufzustellen. [Max. Toepler, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 10, S. 663.]

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

620. 19 (063) **Korrosionstagung 1936.** — Die „Arbeitsgemeinschaft auf dem Gebiete der Korrosion und des Korrosionsschutzes" hat am 22. 10. eine Sitzung in Köln mit der Vortragsfolge „Korrosion und Gestaltung" abgehalten, die die Forderung nach Verwertung gewonnener Forschungsergebnisse in der Praxis fördern sollte. 120 Mill RM betragen die jährlichen Korrosionsverluste an Eisen- und Stahlerzeugnissen in Deutschland. 500 000 t Stahl, eine Arbeitsleistung von zehn Tagen der gesamten deutschen Stahlindustrie, gehen jährlich durch Rosten verloren. Besonders wichtig ist es, schon bei der Formgebung die Angriffsmöglichkeiten der Korrosion zu vermeiden. Bei den Kesseln der Dampflokomotiven z. B. werden die an den Lukenlöchern in den Kümpelstellen entstehenden Feinrisse, die die chemischen Einwirkungen erleichtern, durch Einschweißen der Lukenfutter und möglichst große Ausrundung der Umbüge vermieden. Das Verstemmen der Nietnähte und Döppern der Nietköpfe wird mit größter Sorgfalt ausgeführt, da zwischen stark verdichteten und unverdichteten Stellen desselben Baustoffs ebenso wie zwischen verschiedenen Werkstoffen elektrische Potentialunterschiede auftreten. Durch den jetzt erfolgenden Einbau von stählernen Feuerbüchsen und Stahlstehbolzen an Stelle solcher aus Kupfer werden die gefährlichen Berührungsstellen verschiedener Werkstoffe vermieden. Bei den Aschkästen und Tendern wird durch Schweißen für fugenlose Bauformen gesorgt. Bei den geschweißten Güterwagen entfallen die gefährlichen Fugen der Verbindungsstellen. Auch bei den Personenwagen werden die zahlreichen Stoßstellen der Bekleidungsbleche durch Zusammenschweißen der einzelnen Blechteile vermindert, um Fugen und die die Bildung von Rostnestern begünstigenden Nietköpfe zu vermeiden. Beachtenswert war der Hinweis, daß richtige Formgebungsarbeit zum Schutz gegen Korrosion heute noch größere Bedeutung hat, weil die im großen Umfang verwendeten Heimstoffe meistens rostempfindlicher sind als die bisher eingebauten Werkstoffe. Beim Bau chemischer Geräte ist die Verwendung verschiedener leitend miteinander verbundener Metalle, bei der in Elektrolyten galvanische Ströme korrosionsverstärkend auftreten, zu vermeiden. Ähnliche verstärkte Anfressungen treten gelegentlich auch bei Berührung von Metallen mit Nichtleitern auf. Die Außenkorrosion von Rohrleitungen durch abirrende Ströme läßt sich neben der Abstellung der Ursachen durch Einbau von Isolierstrecken in die Rohrstränge vermindern. Im Schiffbau hat sich die Schweißung der Plattenstöße, des Doppelbodens, der Masten gut bewährt, wie überhaupt die neuzeitliche Schweißtechnik den Korrosionsschutz im Stahlbau stark gefördert hat, da die großen glatten Flächen zweckmäßig geschweißter Bauarten für die Reinigung und den Anstrich einfache und günstige Verhältnisse bieten. Außerdem werden Anstrichstoffe gespart. *Pge.*

Digitized by Google

VERBANDSTEIL.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernspr.: C 0 Fraunhofer 0631.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Fachberichte zur VDE-Mitgliederversammlung 1937.

Während der 39. Mitgliederversammlung des VDE in Königsberg vom 12. bis 14. 8. 1937 sollen wieder wie bei früheren Tagungen Fachberichte gehalten werden. Diese Fachberichte dienen dazu, den Teilnehmern an der Versammlung einen Überblick über den Stand der Forschung auf dem Gebiete der Elektrotechnik und die Fortschritte in der praktischen Anwendung zu vermitteln. Sie sollen daher Originalarbeiten sein, die im gleichen oder ähnlichen Wortlaut vorher noch nicht veröffentlicht wurden. Werbeaufsätze für bestimmte Hersteller oder Erzeugnisse können demzufolge nicht zugelassen werden. Die einzelnen Fachberichte werden zur Aussprache gestellt, um jedem Fachgenossen Gelegenheit zu geben, zu den behandelten technisch-wissenschaftlichen Fragen Stellung zu nehmen und eigene Ergebnisse und Erfahrungen bekannt zu geben.

Anmeldungen von Berichten bitten wir mit einer kurzen Inhaltsangabe von etwa 15 Zeilen und unter Bekanntgabe von Namen und Anschrift des Vortragenden bis spätestens zum 25. 1. 1937 einzusenden. Bei der Auswahl der Berichte erhalten bei sonst gleicher Eignung VDE-Mitglieder den Vorzug.

Es ist damit zu rechnen, daß der Band „VDE-Fachberichte 1937", der den vollständigen Wortlaut der einzelnen Fachberichte enthält, schon v o r der Mitgliederversammlung, etwa im Juli, erscheint und den Teilnehmern an der Tagung zur Vorbereitung der Aussprachen zugestellt wird. Weitere Angaben über die Ausgestaltung der Fachberichte gehen den Anmeldenden rechtzeitig zu.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Aus den VDE-Gauen.

Gau Berlin-Brandenburg

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Sammelnummer: C 4 Wilhelm 8885.
Postscheckkonto: Berlin 133 02.

Umschulungslehrgang für Hochfrequenzkonstrukteure.

Der Ingenieurdienst E. V. veranstaltet zusammen mit dem Gau Berlin-Brandenburg des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für den Berliner Bezirk einen Lehrgang zur Umschulung von Ingenieuren zu Konstrukteuren auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik. Dieser Abendlehrgang beginnt Ende Januar 1937 und dauert ungefähr 3 Monate.

Meldungen sind bis zum 4. 1. 1937 an den Ingenieurdienst E. V., Berlin NW 7, Hermann-Göring-Straße 27 (Ingenieurhaus), zu richten. Nähere Anweisungen und Bedingungen gehen dem Gemeldeten dann unmittelbar zu.

(Fortsetzung auf S. 1522.)

Bekanntmachungen.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat in § 2 b) von
VDE 01250/1936 „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"
den bisher mit 35 mm² angegebenen geringstzulässigen Querschnitt für Aluminiumleiter auf 25 mm² herabgesetzt.

Die Änderung ist durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1936 genehmigt und tritt mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Zulässigkeit von isolierten Einzelklemmen zur Verbindung von Leitungen in Abzweigdosen.

Der Wortlaut der Vorschrift in § 90 e) von VDE 0610/1933 (K.P.I.) ist so gedeutet worden, daß die Klemmen sämtlicher zu einem Stromkreis gehörenden Leitungen immer auf einem gemeinsamen Isolierkörper angebracht sein müssen. Diese Auslegung hat auch in den Erläuterungen zu § 26 c) von VDE 0100/1934 (V.E.S.1) ihren Niederschlag gefunden, indem dort unter Bezugnahme auf VDE 0610 gesagt wird, „daß der Einlegekörper nicht durch einzelne untereinander nicht verbundene Klemmen ersetzt werden soll, da dieses die übersichtliche Anordnung stört."

Verschiedene in den letzten Jahren bekanntgewordene Ausführungen von Einzelklemmen, die in zweckmäßig geformte und bemessene Isolierteile eingebettet sind, ermöglichen indes ebenfalls eine ordnungsmäßige und allen Anforderungen an Sicherheit gegen Feuers- und Lebensgefahr entsprechende Verbindung der verschiedenen Leitungen eines Stromkreises, die in gemeinsamer Dose oder dgl. angebracht werden. Auch hat sich gezeigt, daß die Montage solcher Einzelklemmen und das Unterbringen der mit diesen Klemmen verbundenen Einzelleitungen in den Dosen und Kästen sich vielfach leichter ausführen läßt als bei Anwendung eines gemeinsamen Klemmenträgers.

Der Ausschuß für Errichtungsvorschriften und der Ausschuß für Installationsmaterial haben deshalb entschieden, daß die bisher gegebene Auslegung nicht mehr aufrecht zu erhalten ist, vielmehr die Verwendung von Einzelklemmen als den Vorschriften in § 90 e) von VDE 0610/1933 und in §§ 21 i) und 26 c) von VDE 0100/1934 entsprechend angesehen werden kann. Selbstverständlich müssen auch bei diesen Einzelklemmen die in § 90 e) von VDE 0610/1933 enthaltenen Forderungen eingehalten sein, insbesondere bezüglich der Kriechstrecken und der Abmessungen.

Ausschuß für Sicherungswesen.

In ETZ 57 (1936) H. 45, S. 1309 war der endgültige Wortlaut von
VDE 0641/1936 „Leitsätze für Leitungsschutzschalter bis 15 A 380 V"
veröffentlicht. Der erste Satz von § 25 wird wie folgt berichtigt:

„Der LS für 250 V Gleichstrom und 380 V Wechselstrom wird zur Feststellung der Abschaltgeschwindigkeit . . . . . ."

Digitized by Google

Bekanntmachung.

Ausschuß für Rundfunkstörungen.

In der Bekanntmachung des Ausschusses in ETZ 57 (1936) S. 1495 über Änderungen an

VDE 0874/1935 „Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen"

ist folgendes zu berichtigen:

§ 10 c). Der dritte Absatz wird nicht gestrichen, sondern nur in seinem Anfang wie folgt geändert:

„Wenn bei getrennter Einführung der Heizleitungen in den Käfig Störungen . . . . . usw. wie bisher."

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

(Fortsetzung von Seite 1521)

Gesellschaftsabend.

Am Donnerstag, dem 14. Januar 1937, findet im Marmorsaal (mit Nebenräumen) des Zoologischen Gartens unser traditionelles

Winterfest

statt.

19^{30} Versammlung der Gäste, zwanglose Begrüßung.
20^{00} Gemeinsames Abendessen (an kleinen Tischen).
Anschließend Tanz. — Damenspende.

Anzug: Uniform, Frack oder Smoking.

Der Preis für Eintritt und Teilnahme am Abendessen (ohne Getränke und Bedienungsgeld beträgt 3,50 RM.

Gäste, die nicht an dem gemeinsamen Essen teilnehmen wollen, können das Fest ab 21^{30} zum Eintrittsgeld von 1,00 RM besuchen.

Die Karten sind ab 4. 1. 37 in unserer Geschäftstelle erhältlich. Sie werden den Teilnehmern auch bei Voreinsendung des Betrages auf das Postscheckkonto des VDE Gau Berlin-Brandenburg, Berlin Nr. 133 02 und gleichzeitiger schriftlicher Bestellung durch die Post zugestellt.

Vorbestellungen auf Tische für das Essen werden in der Geschäftstelle, in der ein Plan ausliegt, entgegengenommen. Nach dem Essen ist die Tischordnung aufgehoben.

(Wegen einer am 15. 1. 37 stattfindenden Großkundgebung des Amtes für Technik, Gau Berlin, und des NSBDT wurde der in den VDE-Mitteilungen angegebene Termin für das Winterfest auf den 14. 1. 37 vorverlegt.)

Vortragsreihe.

Der VDE Gau Berlin-Brandenburg veranstaltet in der Zeit vom 11. 1. 1937 bis 1. 3. 1937 in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule eine Vortragsreihe über das Thema:

„Entwicklung, Gestaltung und Verwendung elektrotechnischer Isolierstoffe".

Vortragsfolge:

1. Vortrag (11. 1. 1937):

„Zur Physik der anorganischen Isolierstoffe". Professor Dr. W. Eitel, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Silikatforschung, Berlin.

Inhalt: Anforderung der Elektrotechnik an feste Isolierstoffe. Das molekulare Gefüge der wichtigsten anorganischen Isolierstoffe. Spezielle Eigenschaften technischer Isolierstoffe für niedrige und hohe Temperaturen.

2. Vortrag (18. 1. 1937):

„Zur Physik der organischen Isolierstoffe". Dr. R. Vieweg VDE, o. Professor an der Technischen Hochschule Darmstadt.

Inhalt: Entwicklung in den letzten 15 Jahren. Naturstoffe. Kunststoffe. Die Kondensations- und Polymerisationserzeugnisse. Stand der elektrotechnischen Eigenschaften. Neue Anforderungen. Entwicklungsaussichten.

3. Vortrag (25. 1. 1937):

„Prüfung von Isolierstoffen und Meßergebnisse aus der Isolierstofftechnik". Dr. G. Pfestorf VDE, Regierungsrat an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin.

Inhalt: Prüfung, Bewertung und Forschung auf dem Isolierstoffgebiet. Kriechstrom. Tropensicherheit. Molekülaufbau und physikalische Eigenschaften.

4. Vortrag (1. 2. 1937):

„Keramische Isolierstoffe". Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Hermsdorf (Thür.).

Inhalt: Allgemeiner Überblick. Hartporzellan: Herstellung, Anwendungsgebiete und Prüfung bei Betriebsfrequenz und Stoßspannung. Sondermassen: Eigenschaften, fertigungstechnische Besonderheiten, Anwendungsgebiete.

5. Vortrag (8. 2. 1937):

„Die organischen Isolierstoffe in der Hochspannungstechnik". Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Oberingenieur bei der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin.

Inhalt: Allgemeines über Faserstoffe. Hartpapier und Hartgewebe im Hochspannungsgerätebau als Wickel, Platte, Formkörper. Ausgangsstoffe. Eigenschaften, Auswahl nach dem Verwendungszweck. Oberflächenschutz. Wasserfeste, tropenfeste Isolierstoffe.

6. Vortrag (15. 2. 1937):

„Isolierstoffe in der Niederspannungstechnik". A. Hermanni VDE, Direktor bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Inhalt: Anwendung der Isolierstoffe in Niederspannungsanlagen. Berücksichtigung heimischer Rohstoffe als Baustoffe für Anlagen und Geräte. Konstruktive Gestaltung bei den verschiedenen Werkstoffen.

7. Vortrag (22. 2. 1937):

„Isolierstoffe in der Fernmeldetechnik". K. Franz, Oberingenieur bei der Siemens & Halske AG., Berlin.

Inhalt: Sonderforderungen der Fernmeldetechnik. Einfluß der Fertigung auf Auswahl und konstruktive Gestaltung der Isolierstoffe. Keramische Isolierstoffe. Hartpapier und Hartgewebe. Isolierpreßstoffe. Drahtisolation.

8. Vortrag (1. 3. 1937):

„Isolierstoffe in der Elektrowärmetechnik". Dr.-Ing. habil. W. Fischer VDE, Berlin.

Inhalt: Die elektrische und die Wärmeisolierung. Eigenschaften elektrischer Isolierstoffe bei hohen Temperaturen. Einfluß der Baubedingungen des Wärmegerätes auf Werkstoff und Form der Isolierung. Vorschriften und Messungen über Spannungsschutz und Ableitströme bei Wärmegeräten und Öfen.

Zeit: Montag, pünktlich 18^{30} bis 20^{00}.

Ort: Großer Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Teilnehmerkarten sind erhältlich:

a) beim VDE Gau Berlin-Brandenburg, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, Postscheckkonto Berlin 133 02;
b) in der Technischen Hochschule, Zimmer 235 (Hauptgebäude).

Der Preis sämtlicher Vorträge beträgt:

a) für VDE-Mitglieder . . . . . 8 RM
b) für Studenten . . . . . 4 „
c) für andere Teilnehmer . . . . . 12 „

Karten für einzelne Vorträge werden nicht ausgegeben. Kleiderablage frei.

VDE Gau Berlin-Brandenburg
vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Gau Magdeburg.

Herr Aigner VDE sprach am 10. 11. „Über den Sicherheitsgrad von Hochspannungsanlagen". Neuere Untersuchungen des In- und Auslandes beschäftigen sich mit der Frage einer Staffelung der Freileitungs- und Stationsisolation, um Überschläge und größere Störungen in den empfindlichen Stationen möglichst zu ver-

Digitized by Google

meiden. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß die von Schaltungen herrührenden, also betriebsmäßigen Überspannungen infolge ihrer mäßigen Größe, die etwa das 4,5fache des Scheitelwertes der Sternspannungen nicht überschreitet, von der Isolation der Anlagen durchweg störungsfrei ertragen werden. Gewitterüberspannungen bedingen hingegen infolge ihrer wesentlich größeren Höhe häufigere Überschläge und Betriebsunterbrechungen, sofern es nicht gelingt, durch ausreichenden Erdseilschutz und niedrige Masterdungswiderstände unmittelbare Blitzeinschläge in Erdseile und Masten störungsfrei abzuleiten. Es wird angestrebt, die trotz mehr oder minder vollständigen Erdseilschutzes noch auftretenden unmittelbaren und etwa mittelbaren (induzierten) Überspannungen durch eine geeignete Staffelung der Stoßüberschlagspannungen der Freileitungs- und Stationsisolation, die in ausgeführten Anlagen meist nicht vorliegt, bereits auf der Freileitung in der Nähe der Stationen so weit zu begrenzen, daß die Stationen möglichst störungsfrei bleiben. Zur Erreichung dieses Zieles bestehen, abgesehen von einer sehr hohen und daher wirtschaftlich nicht tragbaren Stationsisolation, grundsätzlich drei Wege. Der erste Weg dürfte unter Voraussetzung gelöschter Netze eine brauchbare Staffelung durch die Verwendung von geeignet eingestellten Schutzfunkenstrecken einerseits auf einer der Station vorgeschalteten Freileitungs-Schutzstrecke mäßiger Länge bester Erdung sowie Erdseilschutz und anderseits in der Station insbesondere dann ergeben, wenn der Station Kabel ausreichender Länge vorgeschaltet werden. Innerhalb der Station erscheint überdies eine Staffelung der Schutzfunkenstrecken möglich, so daß Überschläge an wertvolleren Anlageteilen grundsätzlich vermieden werden. Man wird bei dieser Lösung der Staffelungsfrage allerdings Überschläge auf der Schutzstrecke in Kauf nehmen müssen, die bei einpoligen Überschlägen in gelöschten Netzen belanglos sind, in nicht gelöschten Netzen hingegen sowie bei zwei- oder dreipoligen Überschlägen zu störenden Betriebsunterbrechungen führen können. Der zweite Weg besteht in dem Einbau von Überspannungsableitern vor oder in den Stationen; die Ableiter stellen die zweckmäßigste und sicherste Einrichtung zur Unterdrückung von Überschlägen in Stationsanlagen dar. Eine Störung in Anlagen, die mit an sich einwandfreien Ableitern ausgerüstet sind, ist nur dann möglich, wenn die Ableiter in Verbindung mit einer sehr hohen Freileitungsisolation und unzureichender Erdung der Maste vor der Station Beanspruchungen durch nahegelegene Blitzschläge ausgesetzt sind, die ihr Ableitvermögen überschreiten. Der dritte Weg besteht in der Vereinigung des ersten und zweiten Weges derart, daß die Stoßüberschlagspannung der der Station vorgelagerten Schutzstrecke so bemessen wird, daß sie nur in jenen Fällen zum Ansprechen kommt, in denen die Höhe der anlaufenden Überspannungswellen eine Gefährdung der Ableiter und damit der Station herbeiführen würde. In Verbindung damit sichert eine besondere Ausbildung der Masterdung die Ableiter gegen Überlastung. Die Bedeutung des äußeren und inneren Isolationsgrades von Geräten und Umspannern wurde in Verbindung mit der Frage der Stoßprüfung erörtert und für Umspanner eine Typenprüfung empfohlen.

Sitzungskalender.

Gau Niederschlesien, Hirschberg. 4. 1. (Mo), 20^{00}, Strauß-Hotel, Hirschberg: „Über den Sicherheitsgrad in Hochspannungsanlagen". Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

Gau Niedersachsen, Breslau. 5. 1. (Di), 20^{00}, T. H.: „Über den Sicherheitsgrad in Hochspannungsanlagen". Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

VERSCHIEDENES.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Der Ordinarius für Elektrotechnik, Elektrowärmetechnik und elektrische Anlagen und Bahnen an der Technischen Hochschule Hannover, Herr Prof. Dr.-Ing. E. h. Georg Dettmar VDE, wurde wegen Erreichung der Altersgrenze von seinen amtlichen Verpflichtungen entbunden.

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Schutzwert von Drosselspulen von Transformatoren.

Ich werde darauf aufmerksam gemacht, daß in meinem Aufsatz ETZ 57 (1936) S. 1264, der drittletzte Absatz der rechten Spalte zu einer irrtümlichen Auffassung Anlaß geben könnte. Unter den „übrigen veralteten ..... Überspannungsableitern" sind Überspannungsableiter ältester Konstruktion, wie sie vor etwa 10 bis 20 Jahren üblich waren, gemeint.

Berlin, den 10. 12. 1936. L. Gerhard.

SCHRIFTTUM.

Besprechungen.

Die Photoelemente und ihre Anwendung. Von Dr. B. Lange. 2. Teil: Technische Anwendung. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. H. Thirring. Mit 67 Abb., VIII u. 94 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1936. Preis kart. 6,75 RM.

Die Anwendung der Sperrschichtzellen — denn nur von dieser Art der Photozellen ist im 2. Teil die Rede — wird auf allen möglichen Gebieten eingehend beschrieben. Nach einem Überblick über den Aufbau, die Empfindlichkeit und die Leistung dieser Elemente folgt eine eingehende Betrachtung der photoelektrischen Beleuchtungsmesser, ihrer Eigenschaften, Eignung und Ausführung für die mannigfaltigsten Zwecke. Ferner werden die photoelektrischen Belichtungsmesser, die sich in der praktischen Photographie trotz offensichtlicher Fehler mehr und mehr einführen, sowie photometrische Spezialapparate, wie Schwärzungsmesser, Mikrophotometer, Kolorimeter, Reflexionsmesser usw., eingehend behandelt. Weitere Abschnitte sind der Fernübertragung von Meßgrößen, den Verstärkervorrichtungen — Vorspannung, Röhren, Relais und Galvanometerverstärker — sowie den photoelektrischen Schalt- und Signaleinrichtungen, gewidmet. Zum Schluß wird gezeigt, auf welchen Arbeitsgebieten, in der Chemie, Physik, Astronomie, Metereologie, Medizin und Elektrotechnik, die Photozellen bereits angewendet werden, und welche Möglichkeiten auf diesen zahlreichen Gebieten für die Zellen noch vorliegen. — Ein ausführliches Schrifttumverzeichnis ist auch diesem 2. Teil des Werkes beigefügt.

Das ganze Werk, von welchem auch der 2. Teil ohne den ersten verständlich und für manchen genügend ist, wird ohne Zweifel viele Freunde finden. Wenn in diesem 2. Teil fast ausschließlich vom Verfasser entwickelte Apparate beschrieben werden, so zeugt dies von der intensiven Betätigung desselben auf dem Gebiete der Photozellen und ihrer Anwendung, und ist ebensowenig als ein Nachteil des Buches anzusehen, als die nach Ansicht des Besprechers reichlich optimistische Auffassung von der Eignung der Zelle zu praktischen Beleuchtungsmessungen — ist doch ohne einen gesunden Optimismus noch keine Erfindung gemacht und gefördert worden!

W. Voege VDE.

Röhrenbuch für Rundfunk- und Verstärkertechnik. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. Mit 189 Abb. u. 202 S. im Format A 5. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1936. Preis geh. 3,60 RM, geb. 4,80 RM.

Mit zunehmender Verbreitung des Rundfunks entstand ein Bedürfnis nach einer einfachen, jedermann ver-

Digitized by Google

ständlichen Darstellung der Vorgänge, die sich in den Empfängern und in den Röhren abspielen. Eine solche Darstellung muß grundsätzlich jede Rechnung, jede Formel vermeiden; sie muß mit Anschauungen arbeiten. Wer selber einmal versucht hat, Begriffe wie die Raumladung u. a., dem Verständnis näher zu bringen, ohne sich der gewohnten Formelsprache zu bedienen und ohne zu langatmig zu werden, der wird die Schwierigkeiten einer solchen Darstellung kennen. Der Verfasser hat in seinem Röhrenbuch, das jetzt in wesentlich erweiterter und verbesserter dritter Auflage vorliegt, diese Schwierigkeiten in außerordentlich geschickter Weise überwunden. Das Röhrenbuch von Bergtold ist ein im besten Sinne des Wortes volkstümliches Werk über Röhren und Röhrenschaltungen, das auch in die neuesten Errungenschaften auf diesem Gebiete einführt. Daß eine solche Darstellung nicht auf den ersten Anhieb in allen Teilen voll befriedigend sein kann, ist bei der Schwierigkeit einer solchen Verdolmetschung ohne weiteres verständlich; doch kommt das Röhrenbuch von Bergtold diesem Idealzustand sehr nahe. Unter diesen Umständen wird und muß es das Bestreben jedes Fachmannes sein, dem Verfasser zu helfen, auch diese letzten Unvollkommenheiten zu beseitigen und so für die große Gemeinschaft der Rundfunkhörer die leichtfaßliche Einführung in das Wesen des Rundfunks zu schaffen und sie zur Mitarbeit anzuregen. Wenn in einer in dieser Zeitschrift (Heft 30 vom 23. 7. 36, S. 878) veröffentlichten Besprechung des Röhrenbuches von Bergtold einige, durchweg geringfügige Mängel beanstandet sind, so ist das offenbar nur aus dem Wunsche heraus geschehen, an der Erreichung dieses Zieles mitzuarbeiten. Ein Vergleich der vorliegenden dritten Auflage mit der zweiten Auflage des Röhrenbuches zeigt, daß der Verfasser keine Mühe gescheut hat, das Werk weiter zu vervollkommnen. Sicher wird das Röhrenbuch neben seinen alten Freunden weitere zahlreiche neue Freunde gewinnen. E. Gehrts VDE.

In der Besprechung des obigen Buches durch Herrn Dr. Mühlbrett war festgestellt worden, daß in diesem Buch Kraftverstärker nicht behandelt werden. Entgegen dieser Feststellung sind den Kraftverstärkern 27 Seiten mit 36 Abbildungen, also über 10 % des Buches gewidmet worden. Wiss. Ltg. d. ETZ.

Hartmetallwerkzeuge. Wirkungsweise, Behandlung, Konstruktion und Anwendung. Von Dr.-Ing. K. Becker. Mit 100 Abb. u. 22 Tab. u. 215 S. im Format A 5. Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin 1935. Preis geb. 18 RM.

Dieses Werk ist eine richtunggebende Zusammenfassung aller auf dem Sondergebiet der Hartmetallwerkzeugherstellung und -verwendung bisher gewonnenen Erkenntnisse. In dem ersten Abschnitt wird über das Fertigmachen der Hartmetallplättchen, die Befestigungsmöglichkeiten und die Behandlung der Werkzeuge vor dem Gebrauch in der Werkstatt berichtet.

Die je nach dem Verwendungszweck verschiedenen Grundsätze für den Entwurf von Hartmetallwerkzeugen behandelt der Verfasser im zweiten Abschnitt unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Hartmetallsorte und des zu verarbeitenden Werkstoffes auf die Wahl des Schnittwinkels, ein Problem, das dringend einer abschließenden Behandlung bedurfte, da gerade durch Wahl ungeeigneter Hartmetallsorten und ebenso wenig geeigneter Schnittwinkel Fehlschläge in den Betrieben eintraten, die der allgemeinen Verbreitung von Hartmetallwerkzeugen bis jetzt im Wege standen.

Nach einer Reihe von Anwendungsbeispielen weist der Verfasser die höhere Wirtschaftlichkeit und bessere Zerspanungsleistung der Hartmetalle nach und erörtert dabei überzeugend die Vorteile, die sich bei Verwendung von Wolfram-Karbiden an Stelle von höherprozentigen Wolfram-Legierungen für unsere Devisenwirtschaft ergeben. In einem weiteren Abschnitt über Zerspannungsvorgänge wird der Einfluß der Hohlkehle auf die Spanbildung, vor allem auf den Spanablauf gezeigt.

Wichtig für den Betriebsmann ist die Beschreibung der Durchführung von einfachen, aber aufschlußreichen Güteprüfungen an Hartmetallwerkzeugen. Der Praktiker kann sich also selbst mit geringen Hilfsmitteln in der eigenen Werkstatt von dem Wert seiner Hartmetallwerkzeuge überzeugen.

Es folgt eine sehr eingehende Beschreibung verschiedener spanabhebender Werkzeuge für metallische und nichtmetallische Werkstoffe, sowie für die besonderen Erfordernisse des Bergbaus. Zum Schluß wird ein weiteres interessantes Anwendungsgebiet von Hartmetall kurz gestreift, das der Arbeitsgeräte, die besonders starker Abnutzung unterworfen sind, z. B. Düsen, Zieh- und Meßwerkzeuge, Drehbankspitzen, Härteprüfer und sonstige Geräte.

Das Ziel, das sich der Verfasser bei der Behandlung dieser „Monographie der hochschmelzenden Hartstoffe" gestellt hat, die Praktiker mit sämtlichen bis jetzt erreichbaren Forschungsergebnissen auf diesem Sondergebiet in einer Zusammenfassung vertraut zu machen und ihnen so zu höherer Wirtschaftlichkeit der Werkstatt zu verhelfen, ist vollständig erreicht. Man darf erwarten, daß die vielfach noch bestehenden Hemmungen gegen die Verwendung von Hartmetallwerkzeugen durch dieses Buch beseitigt und die Vorteile bald Gemeingut aller werden.

Zahlreiche Tafeln und Kurven machen die Darstellung einleuchtend, ein Verzeichnis sämtlicher bisher erteilter Schutzrechte (Patente und Gebrauchsmuster) und eine sehr ausführliche Quellenangabe gestatten auch dem an Einzelheiten interessierten Leser, sich an anderen Stellen gründlich zu unterrichten. E. Göhre.

Electrical Engineering in Radiology. A treatise on the nature and function of electrical equipment for x-ray work in medicine and industry. Von L. G. H. Sarsfield. Mit einem Vorwort von V. E. Pullin. Mit 199 Abb., XIII u. 284 S. im Format 145 × 225 mm. Verlag Chapman & Hall Ltd., London 1936. Preis geb. 25 s.

Der Anfang des letzten Abschnittes in der Buchbesprechung S. 1334, H. 46 der ETZ 57 (1936) bezieht sich sinngemäß auf die Bemerkung:

„Die deutsche Röntgentechnik findet jedoch nicht ganz die ihr gebührende Würdigung, . . ."

Auf diese Bemerkung bezieht sich sinngemäß auch die Anregung für eine Neuauflage.

Wiss. Ltg. d. ETZ.

Eingänge.

[Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Der einheitliche Schutzgegenstand des Patents. Prüfung, Umgrenzung und Auslegung der Erfindungstragweite nach dem neuen Patentgesetz. Von Dr. jur. S. von der Trenck. Mit XII u. 260 S. im Format 150 × 230 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1936. Preis geh. 12 RM.

Blätter für Geschichte der Technik. 3. Heft. (Schriftleitung: Dr.-Ing. L. Erhard.) Herausg.: Österreichisches Forschungsinstitut für Geschichte der Technik in Wien. Mit 64 Abb., 1 Kunstblatt u. 101 S. im Format B 5. Verlag Julius Springer, Wien 1936. 3,60 RM.

Eingegangene Doktordissertationen.

Ernst Doetsch, Untersuchungen über den Cadmiumsammler. [Erschien auch in Z. Elektrochem. 42 (1936) S. 247.] T. H. Stuttgart 1930.

Hans Gross, Die zweipolige Widerstandsmessung bei Gleichstromankern mit Ausgleichsleitern. T. H. Stuttgart 1934.

Rolf Bachstroem, Über die Wirkung von leitenden Hüllen bei Hochfrequenzspulen. [Sonderdr. aus Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4.] T. H. Danzig 1934.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher C 4 (Wilhelm) 1955.56.

Abschluß des Heftes: 18. Dezember 1936.

Für den Textteil verantwortlich Harald Müller VDE in Berlin. Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Die AEG im Jahre 1935.

Mitteilung der AEG.

Das unaufhaltsame Vordringen der Elektrizität auf allen Gebieten der Industrie und des Handwerks brachte der AEG, die an dieser Entwicklung maßgebend beteiligt ist, im Jahre 1935 eine bedeutende Steigerung der Aufträge aus dem In- und Ausland.

In der Technik der Stromerzeugung geht man mehr und mehr zur Verwendung von Hochdruckdampf über. Von der AEG wurden mehr als 60 Hochdruckturbinen für 50···120 atü und mit einer Gesamtleistung von über 200 000 kW in Bau und Betrieb genommen. Bei mittleren Leistungen ist insbesondere die schnellaufende Getriebeturbine geeignet, die Vorteile des Hochdruckbetriebes auszunutzen.

Abb. 1. Acht gittergesteuerte Großgleichrichter je 5000 A, 600 V für eine große Elektrolyseanlage.

Insgesamt wurden im Jahre 1935 mehrere hundert Kleinstturbinen, etwa 170 Turbinen mit einer Gesamtleistung von über 600 000 kW, darunter etwa 20 Turbinen für mehr als 10 000 kW Einzelleistung, geliefert. Die Regeleinrichtungen für Turbinen wurden vervollkommnet und empfindlicher gestaltet.

Die Zahl der im Jahre 1935 gelieferten Stromerzeuger hat sich gegenüber dem Jahre 1934 mehr als verdoppelt. Die meisten dieser Maschinen im Bereich der kleinen und mittleren Leistungen werden durch Dieselmotoren angetrieben. Bemerkenswert sind zwei Wasserkraft-Stromerzeuger von je 23 300 kVA und 11 000 V bei 360 U/min, die für Japan gebaut wurden.

Bei Leistungsumspannern bis zu 60 000 kVA werden in steigendem Maße Lastregeleinrichtungen verwendet. Neben zahlreichen kleineren Ausführungen wurden 10 Großumspanner für je 35 000···75 000 kVA für deutsche und ausländische Kraftwerke geliefert.

Für die Erweiterung eines deutschen Aluminiumwerkes wurde eine große Umformeranlage erstellt.

Die AEG-Stromrichter finden infolge ihrer günstigen Eigenschaften immer weitere Verbreitung; es wurden u. a. 20 je 18 anodige Großgleichrichter (Abb. 1) mit Gittersteuerung für eine Gesamtstromstärke von 100 000 A und einer Leistung von 57 000 kW geliefert.

Zur Verteilung und Weiterleitung der elektrischen Energie wurden u. a. verschiedene 100 000/50 000-V-Freiluft-Schaltanlagen mit Oelschaltern errichtet. Druckgasschalter für Spannungen bis 100 000 V wurden in Verbindung mit vollständigen Hochspannungsanlagen in über doppelt so großer Anzahl wie im Jahre 1934 geliefert.

Im Freileitungs- und Kabelbau wurde die Umstellung von Kupfer auf Aluminium ohne Schwierigkeit vollzogen. Mehrere größere Freileitungsanlagen für 40 000 bis 220 000 V wurden mit Stahlaluminiumleitungen ausgeführt. Erwähnenswert ist auch ein Auftrag auf 29 km Starkstromkabel für 6000 V, 3×185 mm², und verschiedene Höchstspannungs-Oelkabel für 60 000 bzw. 110 000 V.

Der elektrische Antrieb für Maschinen aller Art setzt sich in der Industrie ständig mehr durch. Als Neuausführung wurden stufenlos regelbare Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotoren zum unmittelbaren Anschluß an Hochspannung und für Leistungen von 80 bis 220 kW gebaut. In steigendem Umfang wurden auch die verschiedenen Bauformen der Drehstrom-Stahlmotoren-Reihe nach dem In- und Ausland geliefert.

In Mitteldeutschland wurden drei Groß-Abraumgeräte erstellt, die die zur Zeit als die größten Geräte ihrer Art angesehen werden können: ein Schwenkbagger für eine Leistung von 1650 m³/h mit 24 Motoren, ein Tiefbagger mit 14 Motoren und ein Absetzer mit 20 Motoren.

Sechs große Dampfkreiselverdichter für insgesamt 335 000 m³/h und 27 000 PS konnten — z. T. für das Ausland — in Auftrag genommen werden.

In der Schweißtechnik wird in zunehmendem Maße die Steuerung von Punkt- und Rollennaht-Schweißmaschinen mit Stromrichtern bewerkstelligt. Vorzügliche Ergebnisse zeigen auch die neuen AEG-Schweißumspanner.

Zur Beleuchtung und als Bauelemente der Lichtreklame setzen sich Metalldampflampen und Linestra-Röhren immer mehr durch. Die Beleuchtungsanlage des Olympia-Werbezuges mit Linestra-Röhren ist ein Beispiel für deren vielseitige Verwendbarkeit.

Für die Deutsche Reichsbahn wurden vier erprobte Bauarten von elektrischen Lokomotiven geschaffen, die zur Zeit einen Höchststand im elektrischen Lokomotivbau darstellen; eine Bauart zeigt Abb. 2. Als Kraftübertragung für Lokomotiven mit hohen Geschwindigkeiten hat sich der AEG-Federtopfantrieb durchgesetzt; 78% der Schnellzuglokomotiven mit Einzelachsantrieb der Deutschen Reichsbahn und zwölf französische 2 Do 2-Schnellzuglokomotiven sind damit ausgerüstet worden.

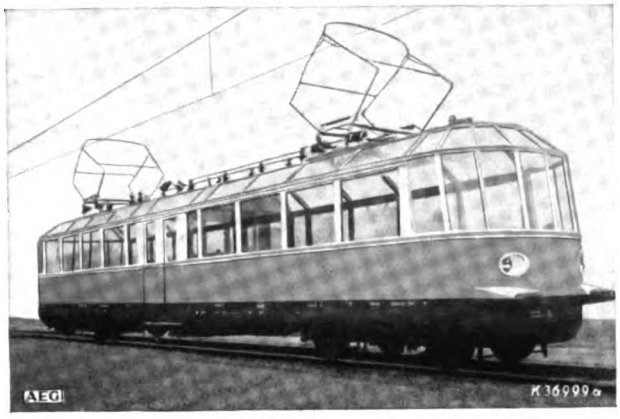


Abb. 2. Wechselstrom-Aussichtstriebwagen der Deutschen Reichsbahn.

An der Ausrüstung der elektrischen Triebwagen der Deutschen Reichsbahn ist die AEG maßgebend beteiligt.

Für den Stadt- und Nahverkehr, insbesondere für die Zwecke der Kommunalbetriebe, wurden Elektrolastfahrzeuge für 3 und 6 t Nutzlast entwickelt.

Auf dem Gebiet der Schiffsantriebe ist der turboelektrische Antrieb des Ostasienschnelldampfers „Scharnhorst" zu erwähnen, bei dem zwei Synchronmotoren von je 10 500 kW verwendet werden.

Für die Verlegung von Fluß- oder Seekabeln in Tiefen bis zu 8 m wurde ein Kabel-Einspülgerät entwickelt, das in einem Arbeitsgang den Graben herstellt, das Kabel verlegt und den Graben wieder zuspült.

Zur 12. Großen Deutschen Funkausstellung wurden drei neue Empfängertypen herausgebracht, die z. T. als Allstromempfänger ausgeführt sind.

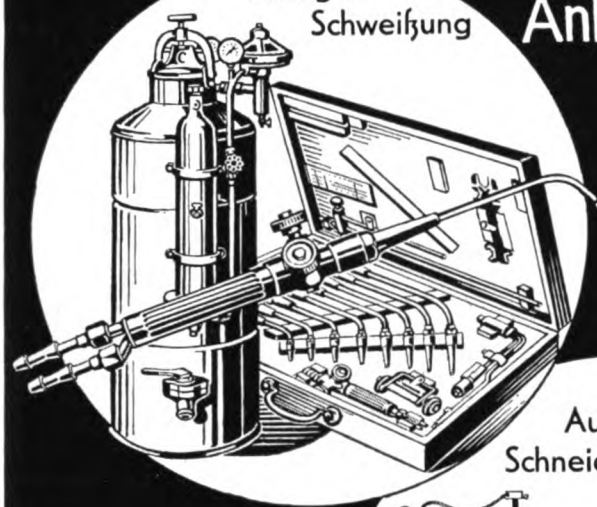
Neuentwickelt wurde das Magnetophon, ein Gerät zur magnetischen Aufzeichnung von Ton und Sprache, mit dem Vorteil der einfachen Löschmöglichkeit.

Auf den übrigen Arbeitsgebieten — Meßgeräte, Zähler, Uhren, Schaltgeräte, Elektrowärme, Hausgeräte — wurden ebenfalls Fortschritte erzielt, teils als Verbesserung der früheren Ausführungen, teils als Neuentwicklungen.

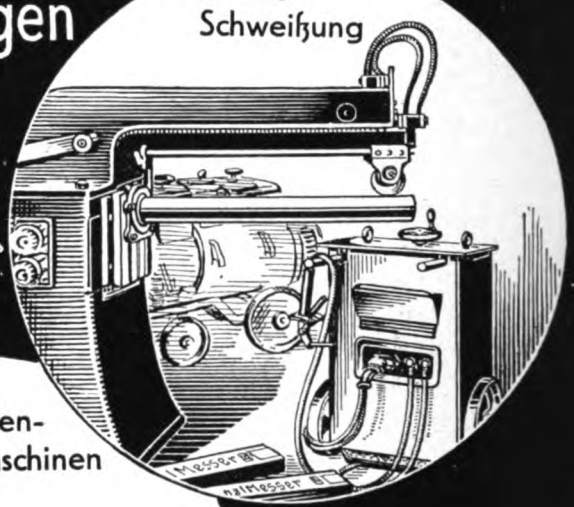
Digitized by Google

Die neuzeitlichen
„Original Messer"
Schweißgeräte / Maschinen
u.
Anlagen

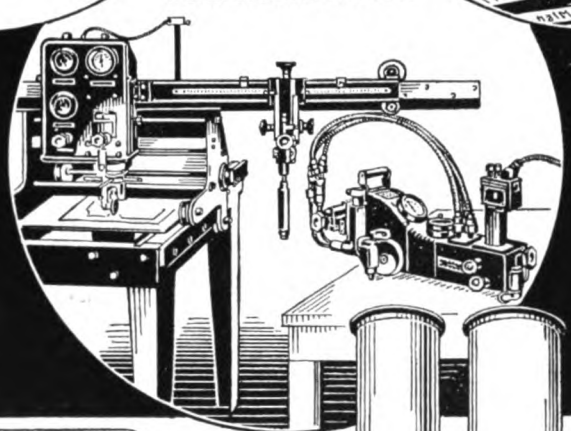
Autogen-Schweißung



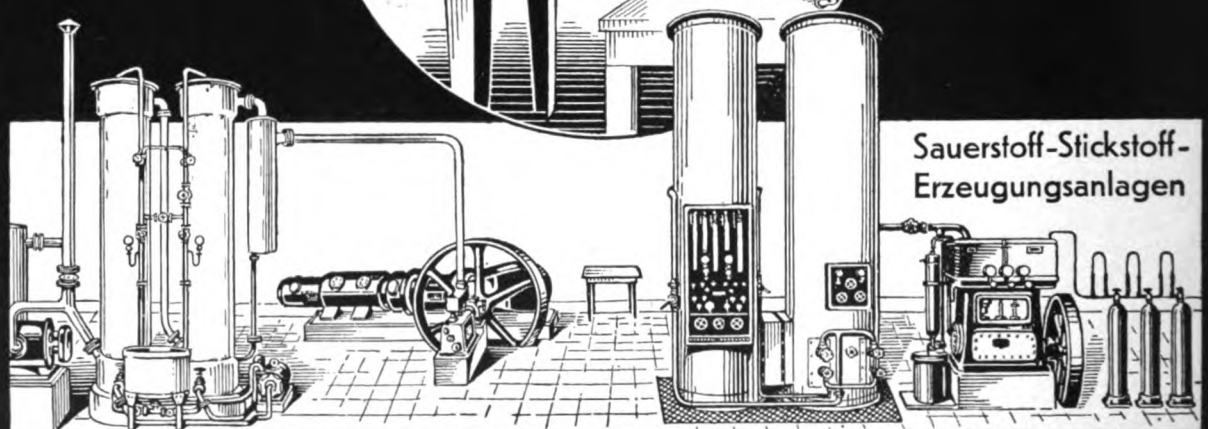
Elektro-Schweißung



Autogen-Schneidmaschinen



Sauerstoff-Stickstoff-Erzeugungsanlagen



Messer & Co. G.m.b.H. Frankfurt a/M

Apparate und Werkzeuge zur autogenen Metallbearbeitung / Anlagen zur Erzeugung von Azetylen, Dissousgas, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff / Autogen-Schneidmaschinen, Autogene Oberflächenhärtung / Elektro-Schweißmaschinen, Schweißtransformatoren, Elektroden

FILIALEN: BERLIN C 2 • ESSEN-RUHR, HANSAHAUS

Digitized by Google

Meßbrücken und Vergleichsschaltungen für die Fernmeldetechnik.

Mitteilung der AEG.

In der Fernmeldetechnik spielt der Wellenwiderstand der Leitungen für ihr Übertragungsverhalten eine wesentliche Rolle. Seine Messung erfolgt mit der Scheinwiderstandsbrücke, die von der AEG besonders für höhere Frequenzen weiterentwickelt wurde. Der Betrag des Wellenwiderstandes wird aus dem Leerlauf- und dem Kurzschlußwiderstand errechnet. Die Scheinwiderstands-Meßbrücke ist gegen Erde vollständig symmetrisch ausgeführt. Die Zuleitungen zum Meßgegenstand müssen, jede Ader für sich, geschirmt verlegt, die Schirme gegeneinander isoliert und mit den an der Meßbrücke zugänglichen Stromquellenpunkten verbunden werden, so daß die Kapazität der Schirme unwirksam wird. Zum Abschluß gegen Stromquelle und Meßhörer sind Anpassungsübertrager zu 600 Ω gewählt. Ihre auf der Brückenseite liegenden Wicklungen sind symmetrisch aufgeteilt und gegen Erde durch Schirmkapazitäten festgelegt. Zwischen 300 und 3000 Hz kann die Messung mit einem Meßhörer erfolgen; für niedrigere und höhere Frequenzen empfiehlt sich die Verwendung eines Meßbrücken-Verstärkers.

AEG-Kleinkapazitätsmesser.

Der Meßbereich der Scheinwiderstands-Meßbrücke erstreckt sich für Leerlauf

von 50 pF bis 1 μF;

für Kurzschluß bei 100 Hz bis 25 H und

bei 10 000 Hz bis 2,5 mH.

Die Genauigkeit beträgt etwa 1 %.

Zum Abgleichen der Widerstände dient ein Feinstufenwiderstand (0,1 bis 11111,1 Ω) mit Schirmgehäuse. Auch Ableitungen und Betriebskapazitäten von Kabellängen lassen sich mit dieser Brücke bestimmen.

Bei Pupinspulen müssen Induktivität und Verluste gemessen werden. Die Bestimmung der Induktivität erfolgt meist in der Dekaden-Meßbrücke, die durch weitgehende Unterteilung der Meßwiderstände eine Einstell- und Ablesegenauigkeit von unter 1 % hat. Die Größe der Induktivität kann unmittelbar abgelesen werden, wenn der eine Meßwiderstand auf den genauen Wert des Normals eingestellt wird. Den Verlustwiderstand ergibt die Schleifdrahtmeßbrücke genauer, besonders wenn das Brückenverhältnis mit 1 : 1 gewählt wird. Dies erfordert eine Anpassung der Induktivitäts-Vergleichsnormale an die Spulenwerte.

Die Messung des Hysteresewiderstandes hat für das Trägerfrequenz-Fernsprechen wegen der Oberwellen und der Neutonbildung besondere Bedeutung. Für Stromschritte von 0,5 mA beträgt der Widerstandsunterschied der Spulen (Isoperm- oder Eisenpulverkern) etwa 0,05 Ω und kommt etwa der Widerstandszunahme einer 30-mH-Normalspule bei 1° C Temperaturerhöhung gleich. Die Meßgenauigkeit ist also durch Temperaturschwankungen beeinträchtigt. Diesem Umstand trägt eine neue Kompensationsschaltung Rechnung*). Bei dieser wird der Spannungsabfall über Induktivität und Widerstand der Meßspule durch die Sekundärspannungen einer Gegeninduktivität und eines mit Widerstand belasteten Stromwandlers (umpolbarer Spannungsabgriff!) ausgeglichen, deren Primärseiten von demselben Strom durchflossen sind wie die Meßspule. Das Normal der gegenseitigen Induktivität wird jeweils für die Spulengröße des Meßgegenstandes bemessen, und kleine Schwankungen um den Sollwert werden durch ein Variometer ausgeglichen. Die Meßgenauigkeit der Kompensationsschaltung beträgt für Induktivitäten 0,5 %, für Verlustwiderstände 0,01 Ω.

Bei diesen Meßanordnungen ist eine Steigerung der Einstellgenauigkeit durch einen AEG-Meßbrücken-Verstärker ratsam. Seine Merkmale sind: geringe Erdkapazität des Eingangsübertragers, symmetrische Aufteilung und Schirmung seiner Wicklungen, Spannungsverstärkung etwa 5 Neper, Meßempfindlichkeit rd. 50 μV, Frequenzumfang 30 ... 20 000 Hz (umschaltbar), stetige Verstärkungsregelung, Netzanschluß. Dieser Verstärker eignet sich für alle Meßbrücken, Kompensationsschaltungen und für die elektrostatischen und magnetischen Kopplungsmesser besonders in den kleinsten Meßbereichen dieser Geräte.

Zur Messung kleiner Kondensatoren ist von der AEG ein Kleinkapazitätsmesser (s. Abb.) entwickelt worden. Der kleinste Meßwert beträgt 1 pF, die Genauigkeit 0,5 pF. Vorgesehen sind ein Drehkondensator (Luft) bis 110 pF, ferner 11 Werte zu je 100 pF (Glimmer). Mit einem dreistufigen Zusatzglimmerkondensator können Werte bis 1,2 μF erfaßt werden. Die einzelnen Zehnerstufen sind getrennt ausgeführt oder auch mit dem Kleinkapazitätsmesser zusammengebaut. Zum Ausgleich der Verluste des Meßgegenstandes dient ein Phasenwinkelregler. Eine besondere Neuentwicklung ist der Kapazitätszeiger, der von 0 ... 60 000 pF in sechs Stufen auf 1 % genau arbeitet und an einem linear geteilten Instrument eine unmittelbare Ablesung gestattet. Das Gerät hat Netzanschluß.

Bei großen Kapazitäten und Induktivitäten, z. B. von Tonfrequenz-Übertragern, Drosselspulen und dgl. hat sich die einfache Schleifdraht-Meßbrücke mit einer Genauigkeit von 1 % durchgesetzt. Als Vergleichsnormale, in einem Zusatzkasten vereinigt, sind je drei in Zehnerreihen abgestufte Werte für die Induktivität (0,001...10 H) und für die Kapazität (0,001 ... 1 μF) vorgesehen. Die Meßbereichsgrenzen liegen bei 20 μH bzw. 500 H und bei 20 pF bzw. 50 μF.

*) Witting, Z. f. techn. Physik 1934, S. 669.

Digitized by Google

Stellengesuche

KABELFACHMANN

Techn. Kaufmann, Ende vierzig, Arier, gesund, große Arbeitskraft, 20jähr. Tätigkeit in Draht- und Kabelindustrie, in

Fabrikation (Stark- und Schwachstrombleikabeln, Vauelfa-Leitungen, abgepaßte Schnüre, besponnene Drähte für alle Verwendungszwecke)

Kalkulation (Material, Gewichtsberechn., Maschinen, Löhne, Betriebs-Abrechnung, Lagerkontrolle)

VDE-Vorschriften reichste Erfahrung, 6 Jahre Betriebsleiter einer Gummiaderfabrik, Verkaufs- und Kartellwesen völlig beherrschend, ungekündigt, sucht sich zu verändern. Anfragen unter **E. 7289** an die Anzeig.-Abtlg. der ETZ, Berlin, erbeten

DIPLOM-INGENIEUR

37 Jahre, Arier, Kriegsteilnehm., repräsentationsfähig, 13 Jahre Praxis, davon die letzten 8 Jahre bei bedeutenden nordamerikanischen Elektrizitätsunternehmen in Argentinien, perfekte spanische und englische Sprachkenntnisse, erstklassige theoretische Kenntnisse, erfahren in Entwurf, Bau und Betrieb von Hoch- u. Niederspannungs-, Wasserkraft- u. Wärmekraftanlagen, Netzbetrieb, Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Eltwerk., in ungekündigter leitender Stellung, z. Z. auf Europa-Urlaub, sucht gestützt auf erstkl. Ref. **leitende Stellung** innerhalb Deutschlands. Auf Wunsch persönliche Vorstellung. Angebote erbeten unter **E. 7284** an die Anzeig.-Abteilg. der ETZ, Berlin

Ingenieur, 27 Jahre, sucht Stellung als

Betriebs-Assistent

in einem Kabelwerk. Langjährige Erfahrung in der Herstellung von Rohrdraht, Litzen und Schnüre.

Gefl. Zuschriften unter **E. 7295** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

ELEKTRO-INGENIEUR

27 Jahre, Arier, H.T.L., Gaußschule, Werkzeugmachergeselle, Führersch. III b, vorwärtsstreb., gewissenhaft und zielbewußt, bisher Bearb. v. Niederspannungs- u. Hochspannungsschaltanl., Spezial. f. hand- u. fernbetätigte Schaltgeräte, bei namhafter Firma in ungek. Stellg., sucht sich zu veränd. Stellg. im Betrieb oder Vertrieb. Ang. u. **E. 7287** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin.

Elektroingenieur, 36 J., 12 J. Ingenieurtätigkeit, davon 8 J. als Sachbearbeiter im Kriegsschiffbau, insbes. Elektroartillerie eines Marinebetriebes, sucht geeign. verantwortl. Wirkungskreis. Off. mit Angabe der Tätigkeit u. des Gehalts erbet. unter **E. 7297** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

24jähr. **Elektro-Ingenieur** Technikum mit Erfolg abgeschlossen, sucht sich weiter auszubilden. Es wird mehr Wert auf gute Ausbildung als auf hohen Lohn gelegt. Angeb. erb. u. **E. 7281** an die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Wir bitten bei Einkäufen und Bestellungen auf die

ETZ

Bezug zu nehmen!

Stellenangebote

Elektro-Techniker

mit mehrjähr. Praxis in Projektierung u. Konstruktion von elektr. Schalt- u. Verteilungsanlag. sowie Antrieben für die elektrotechn. Betriebsabteilung eines industriellen Großbetriebes sofort gesucht. Bewerbungen mit Lichtbild, Lebenslauf und Zeugnisabschriften unt. **E. 7315** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

ETZ-ANZEIGEN
verbürgen den größten Erfolg

BETRIEBSLEITER

Praktiker, Elektro-Werkmstr. Techn. o. Ing., gel. Schlosser, Mechan. u. Werkzeugm., Konstruktion u. wirtsch. Fabrikationstalent n. VDE u. DIN. Mustermacher u. Einrichter, sucht bek. Spezialfabr. für blech, isolierst. u. gußgek. Schaltapp., Verteil., Leuchten usw. Ledige m. etw. Kapital bevorz., da Aussichten auf Teilhabersch. Handschr. Bew. m. Lichtb., Lebensl., Zeugnisabschr., Gehaltsanspr., Antrittstermin u. Vermögenslage u. **E. 7301 (Dauerexistenz)** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9.

Dipl.-Ingenieur

der **Elektrotechnik** für **physikalisches Laboratorium gesucht.** Ausführliche Bewerbungen mit Lichtbild u. Gehaltsansprüchen unter **E. 7285** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Für den Bau von Schützen u. selbsttät. Schaltapparat. suchen wir einen **selbständigen KONSTRUKTEUR** mit reichen Erfahrungen in der Herstellung moderner Geräte. Ferner stellen wir jüngere **HILFSKONSTRUKTEURE**, die im Schaltapparatebau schon tätig gewesen sind, ein. Angebote mit Gehaltsansprüchen, Lichtbild und Lebenslauf an **„Rheostat"**, Spezialfabr. elektr. Apparate, **Dresden-N 23** [7282]

Akkumulatoren-Fachmann

für Großoberflächen-Formation wird gesucht.

Fachleute wollen ihr Angebot mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild unter Angabe des frühesten Eintrittstermines und der Gehaltsansprüche einreichen unter **E. 7322** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Jüngerer Laborant oder Techniker

für Materialprüfungen per sofort von Berliner Kabelwerk gesucht. Schriftl. Bewerb mit Lebenslauf, Zeugnisabschr., Gehaltsanspr. erbet. unter **E. 7283** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin

Isolierstoffpresserei sucht für ihren Formenbau

tüchtigen Konstrukteur

im Alter von 35—40 Jahren.

Angebot mit Gehaltsansprüchen und evtl. Eintrittstermin erbeten unter **E. 7298** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Digitized by Google

Ueberstrom-Richtungsrelais.

Mitteilung der AEG.

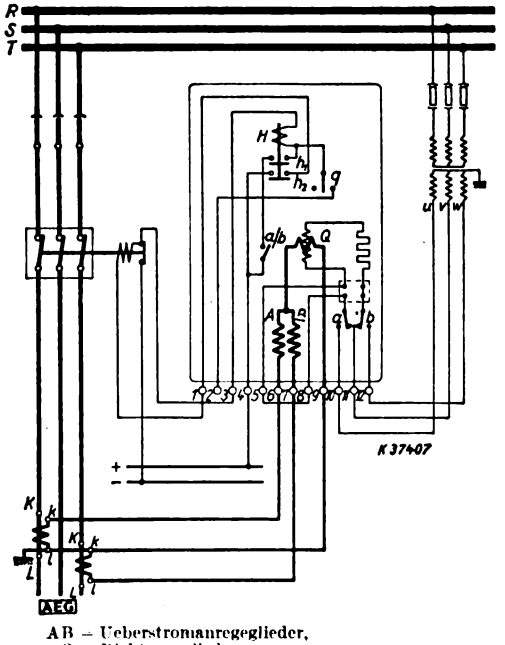
Ueberstrom-Richtungsrelais werden in der Regel allein oder in Verbindung mit Ueberstrom-Zeitrelais bzw. Distanzrelais zur selektiven Erfassung von Kurzschlüssen auf einseitig gespeisten Ringleitungen und parallel-geschalteten Strecken (Kabel- oder Freileitungen) verwendet.

Abb. 1. Einsystemiges Ueberstrom-Richtungsrelais RRS für Drehstrom.

Da in Netzen mit isoliertem Sternpunkt ein Kurzschluß mindestens zwei Leiter in Mitleidenschaft zieht, können alle für den Richtungsschutz in Frage kommenden Fehlerfälle durch ein einsystemiges Leistungsrichtungsrelais mit zwei Ueberstrom-Anregegliedern erfaßt werden. Als Schutzanordnung für ein Drehstromende (Schalter) ist somit nur ein einziges Relais nebst zwei Stromwandlern und einem Spannungswandler erforderlich. Aufbau und Schaltung dieses Relais sind also wesentlich einfacher als bei mehrsystemigen Relais.

Im neuesten Ueberstrom-Richtungsrelais der AEG (Abb. 1) sind die einzelnen Relaisglieder in einem Gehäuse übersichtlich angeordnet. Man erkennt unten die beiden Ueberstrom-Anregeglieder (Klappankermagnete), darüber das elektrodynamische Richtungsglied und oben schließlich das Hilfsrelais mit Fallklappe und zwei Arbeitskontakten.

Die Schaltung des Relais gibt Abb. 2 wieder. Hiernach wird die Stromwicklung des Richtungsgliedes Q



AB = Ueberstromanregeglieder,
Q = Richtungsglied,
a, b, q = Von A, B bzw. Q betätigte Kontakte,
a/b = Von A und B wahlweise betätigter Kontakt.

Abb. 2. Schaltung des Ueberstromrichtungsrelais RRS.

ständig vom Unterschiedstrom der beiden Stromwandler durchflossen. Die Spannungsspule wird jedoch nur im Fehlerfalle durch die Kontakte a und b der Ueberstrommagnete A und B, die einzeln oder zusammen ansprechen, an die Spannung der vom Fehler betroffenen Phasen gelegt. Sofern die Richtung der Kurzschlußleistung eine Auslösung bedingt, wird durch den Kontakt q des Richtungsgliedes, der für Sperrung nach links und für Auslösung nach rechts ausschlägt, das Zwischenrelais H zum Ansprechen gebracht. Dieses hält sich durch einen Selbsthaltekontakt h_1, der zu dem durch die Anregeglieder betätigten Kontakt a/b in Reihe liegt, und veranlaßt über einen zweiten Arbeitskontakt h_2 unmittelbar und unverzögert die Schalterauslösung. Eine am Zwischenrelais angebrachte Fallklappe, die von außen rückstellbar ist, kennzeichnet das Auslösen des Relais. Beim Verschwinden des Ueberstromes wird die Erregung des Hilfsrelais durch den Kontakt a/b unterbrochen.

Um Fehlauslösungen des Richtungsrelais beim Zusammenarbeiten mit Ueberstrom-Zeitrelais zu verhindern, wird bei verzögerten Auslösungen das Richtungsglied immer erst unmittelbar vor der erforderlichen Kontaktgabe in Tätigkeit gesetzt. Zu diesem Zweck ist der Spannungskreis des Richtungsgliedes nochmals über die Klemmen 5 und 8 geführt, so daß die bereits durch die Kontakte a bzw. b ausgewählte Spannung erst durch den Kontakt des dann noch erforderlichen Zeitrelais zugeschaltet werden kann.

In Ringleitungen läßt sich ein einzelnes Ueberstrom-Richtungsrelais nach einer kleinen Schaltungsänderung auch für den gesamten Ueberstromzeit- und Richtungsschutz einer einfachen Durchgangstation ver-

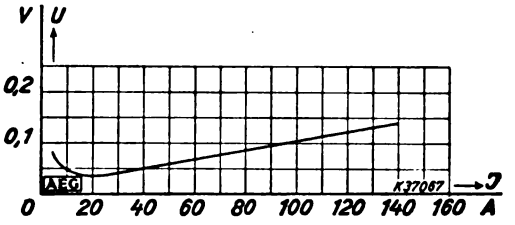


Abb. 3. Ansprechkennlinie des Ueberstromrichtungsrelais RRS.

wenden, wobei für die Schutzanordnung im ganzen nur zwei Stromwandler und ein Ueberstrom-Zeitrelais benötigt werden.

In den Fällen, in denen Gleichspannung oder eine von dem zu schützenden Netz unabhängige Wechselspannung zur Schalterbetätigung nicht zur Verfügung steht, werden Ueberstrom-Richtungsrelais für Wandlerstromauslösung verwendet.

Abb. 3 zeigt die Ansprechkennlinie des Richtungsgliedes für eine Kontaktspannung von 220 V. Hiernach nimmt die Ansprechspannung mit steigender Stromstärke etwas zu. Die Werte dieser Kurve, die noch eine Sicherheit von 100% einschließen, zeigen, daß bei diesen neuzeitlichen Richtungsrelais der sogenannten „toten Zone" keine Bedeutung mehr beizumessen ist, was auch durch die Praxis bestätigt wird[1]).

Die Eigenzeit des Relais beträgt bei der Ansprechleistung nur 0,5 s, bei größeren Leistungen bis 0,05 s.

Die thermische und dynamische Festigkeit des Relais ist sehr groß. Die Stromwicklung des Richtungsgliedes hält thermisch den 80fachen Nennstrom 1 s lang aus. Dynamisch kann das System ebenfalls mit dem 80fachen Nennstrom belastet werden. Die wichtigsten technischen Kennwerte des Relais sind:

Nennstrom:	5 A
Stromeinstellung:	6 ... 10 A
Nennspannung:	100 bzw. 110 V
Frequenz:	40 ... 60 Hz
Ansprechleistung:	0,5 VA bei 5 A
Leistungsaufnahme:	im Strompfad 6 VA bei 5 A im Spannungspfad 38 VA bei 110 V (nur beim Ansprechen)
Zuschaltstrom des Hilfsrelaiskontaktes:	30 A
Abmessungen:	204 × 401 × 157 mm³
Gewicht:	etwa 7,5 kg.

[1]) M. Walter, Selektivschutz nach dem Widerstandsprinzip, Verlag R. Oldenbourg 1933.

Digitized by Google

Stellengesuche

Dipl.-Ing. Elektrotechnik, T. H. Darmst (Ex. sehr gut) Arier, 28 J. Hochschulassist. Dissertation einger., umf. theoret. u. prakt. Kenntn. insbes. Meßtechnik, mit der ges, Fabrikation eines Weltunternehmens vertraut, z. Z. in ungek. Stllg. f. Planung u. Vertrieb v. Netz- u. Industrieschutz. Sprachk., Führersch. 3 b, sucht verantw., ausbauf. Stllg. i. Innen- od. Außendienst. Angeb. mit Art der Tätigk. u. Gehaltsangabe unter **E. 7346** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Sudetendeutscher

dem alles Lebensrecht durch aufrecht deutsche Gesinnung genommen wird, bittet um Posten. Früher in Deutschland tätig gewesen. Bau und Betrieb sowie Verwaltung von Eltwerken, Installationswesen, Akquisition, Stromverbrauchswerbung, Reisetätigkeit, allen Verhältnissen anpassungsfähig. Bin 47 Jahre, ledig, von unbedingt repräsent. Erscheinung und besten Umgangsformen. Vrzt. Leiter eines Eltwerkes in Č. S. R. Gehaltsfrage kein Hindernis. Geht auch Uebersee. Anträge erbeten unter **E. 7351** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Organisator

Elektro-Ing., 35 Jahre alt, langjährige Erfahrungen als **Fernmeldetechniker** (manuelle u. automatische Telefonie, elektrische Uhren, Polizeimelde-Anlagen, Meßapparate für Draht u. Rundfunk, Kabelnetz), reiche **Montage-, Labor.-** u. **Konstruktionspraxis**, sucht selbständ., ausbaufäh. Wirkgskreis. Gefl. Ang. u. **E. 7353** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur Anf. 30, ungekündigt, mit guten engl. u. franz. Sprachkenntniss., sucht Stellung in kleinem oder mittlerem Betrieb.

Bisherige Tätigkeit: Planung und Ausführung von Unterwerken, Entwurf von elektrischen Steuerungen für ortsfeste Anlagen und Fahrzeuge, Berechnung der Bewegungsverhältnisse für elektrische Bahnen, schriftlicher und persönlicher Verkehr mit Kundschaft.

Gesucht wird: Verantwortungsvoller Posten, vorzugsweise für Entwurf, Bau und Verkauf von elektrischen Steuerungen, Rechenmaschinen u. dgl.

Angebote unter **E. 7329** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Dr. Ing. s. neu. Arbeitsgb. N. Stud. d. Elek.-technik war ich Assist. in ein. Hochspannungslab., habe umfangr. Kenntn. d. Bauwesens, da auf d. Gebiet promov. und langjährige prakt. Tätigkeit, vertr. m. Buchhltg. u. Abrechnungswesen, 32 Jahre, ledig. Ang. erbeten u. **E. 7333** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur
Arier, langj. Praxis als Abt.-Leiter bei gr. städt. Elektr.-Werk, vertr. mit der Ueberwach., Unterhalt. und Erweiterung von Hoch- und Niederspannungsleitungen, Bau und Projektion von Licht- und Kraftanlagen, sowie Abnahme, Zähler- und Tarifwesen. Gute techn. u. kaufm. Allgemeinbildg. mit ital. Sprachkenntn., sucht geeign. Wirkungskreis. Ang. erb. unter **E. 7352** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Diplom-Elektro-Ingenieur (VDE)

Energische, zielbewußte Persönlichkeit, längere Zeit Betriebsleiter eines Städt. E.-W. mit Straßenbahn, erfahren in Betriebsüberwachungen, Tarifen, Elektrowirtschaft, techn., wirtschaftl., organisatorisch veranlagt, verhandlungsgewandt, sicheres Auftreten, sucht sich zu verändern in selbständige, ausbaufähige Stellung als **Oberingenieur**
Direktionsassistent oder ähnlich.

17 Jahre Praxis in Planung. Bau, Betrieb von Kabelnetzen, Fernleitungen, Ortsnetzen, Schalt-, Umformer-, Gleichrichteranlagen, Werkeinrichtungen. Führerschein 3 b. Angebote erb. unter **E. 7357** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Junger Elektroingenieur

der Interesse am Verkauf hat, von Berliner elektrotechn. Spezialfabrik **gesucht**. Ausführliche Bewerbungen unter **E. 7360** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9

AEG

sucht zu baldigem Fintritt

jüngere Diplom-Ingenieure

für die Berechnung elektrischer Maschinen.
Kennwort Tf 8632

Detail-Konstrukteure

für Transformatoren.
Kennwort TRO 162

Schriftliche Bewerbungen mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen, frühestem Eintrittsdatum und Angabe des Kennworts an [7363]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft
Personalverwaltung, Berlin NW 40.

Diplom-Ingenieur

möglichst mit Hochspannungspraxis als **außerplanmäßiger Assistent für Hochspannungs-Laboratorium**

gesucht

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und frühestem Eintrittstermin an

Elektrotechnisches Institut der Technischen Hochschule Danzig [7327]

Bei Einkäufen und Bestellungen auf die **ETZ** Bezug nehmen!

Große Braunkohlengesellschaft (in Großstadt) sucht

erfahrenen Elektrotechniker

möglichst Akademiker, als Leiter ihrer elektrotechnischen Abteilung.

Arbeitsgebiet: Projektierung, Ausführung und Überwachung der umfangreichen elektrischen Anlagen ihrer Werke. Geboten wird eine selbständige, gut bezahlte Dauerstellung. Antritt sofort oder nach Vereinbarung.

Herren mit langjähriger Praxis, die eine ähnliche Stelle mit Erfolg bekleidet haben, werden gebeten, ausführliche Bewerbung mit Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintritts einzureichen unter **E. 7356** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Digitized by Google

AEG-Münzzähler in Isolierstoffgehäuse.

Mitteilung der AEG.

Von der AEG wurde ein neuer, vielseitig verwendbarer Münzzähler herausgebracht, der baukastenmäßig aufgebaut ist. Sein hochwertiges Isolierstoffgehäuse bietet vollkommenen Berührungsschutz. Dies ist gerade bei einem Münzzähler wichtig, weil der Stromverbraucher bei jedem Münzeinwurf den Zähler berührt. Das Gehäuse ist gegenüber früheren Ausführungen verkleinert worden; der neue Münzzähler kann daher auf üblichen Zählertafeln untergebracht werden.

Der Münzeinwurf ist oben an der Kappe angeordnet; durch eine Einkerbung ist er sofort sichtbar und auch im Dunkeln sehr leicht aufzufinden. Der Einwurfschlitz wird nur geöffnet, wenn eine Münze eingeworfen wird; daher können im allgemeinen weder Staub noch sonstige Fremdkörper in die Kassette fallen. Etwa trotzdem eindringender Staub könnte die Genauigkeit des Zählers auch nicht beeinträchtigen, weil der Kassettenraum und der Münzeinwurf vom eigentlichen Zähler durch geeignete Ausbildung der Isolierstoffkappe völlig getrennt sind.

Der Münzeinwurf kann durch wenige Handgriffe für eine andere Einwurfsmünze geändert werden, ohne daß die Kappe abgenommen wird. Der Betätigungsknopf für den Münzeinwurf befindet sich zur einfacheren Bedienung an der Vorderseite der Kappe.

Zur Aufnahme der Münzen dient eine Stahlblechkassette mit Isolierstoff-Vorderseite, die über das Gehäuse nicht hinausragt. Der Verschluß der Kassette besteht aus einem kräftigen Riegel mit Löchern zum Einhängen eines Vorlegeschlosses. Der Riegel sichert gleichzeitig die Kappe des Münzzählers gegen unbefugtes Abnehmen.

An die Grundplatte ist der Isolierteil der Anschlußklemme angepreßt. Die Anschlußklemme, deren Metallteile auswechselbar sind, wird durch das Gehäuse oder durch die Kassette nicht verdeckt.

AEG-Münzzähler mit Isolierstoffgehäuse.

Die neuen AEG-Münzzähler werden in verschiedenen Ausführungen gebaut, zunächst nur für Wechselstrom für Stromstärken bis 30 A und Spannungen bis 550 V.

Bei dem Einfachtarif-Münzzähler für den reinen kWh-Tarif wird für jede eingeworfene Münze eine festliegende Menge elektrischer Arbeit, beispielsweise 4 kWh, zum Bezug freigegeben. Sind die 4 kWh verbraucht und wurde vorher keine weitere Münze eingeworfen, schaltet der Münzzähler selbsttätig die Anlage ab und setzt sie erst nach Einwurf einer neuen Münze wieder in Betrieb. Durch Einwurf mehrerer Vorratsmünzen kann sich der Verbraucher von vornherein den Bezug von mehr als 4 kWh sichern.

Der Münzzähler mit allmählichem Gebühreneinzug hat außer dem üblichen Kassierwerk noch ein Laufwerk mit einem kleinen Synchronmotor. Die Umdrehungen des Laufwerkes und der Zählerscheibe werden über ein Differential an der Kassierwerksachse zusammengezählt. Demgemäß verringert sich unabhängig vom jeweiligen Verbrauch das durch Einwurf von Münzen entstandene Guthaben in einem der Höhe der Grundgebühr entsprechenden zusätzlichen Ablauf. Durch eine veränderliche Uebersetzung zwischen Synchronmotor und Kassierwerk kann die Grundgebühr nach Abnahme eines plombierbaren Verschlusses von außen mit Hilfe eines Schlüssels verstellt werden.

Das Guthaben verringert sich entsprechend schneller, wenn außerdem Strom verbraucht wird. Der Verbrauchstromkreis wird nach Abgeltung der eingeworfenen Vorratsmünzen abgeschaltet. Der Synchronmotor und damit der Gebühreneinzug laufen aber weiter. Es entsteht jetzt, wenn keine neue Münze eingeworfen wird, eine Schuld in Höhe der rückständigen Grundgebühr, die am Vorratsmünzenzählwerk rot gekennzeichnet ist. Der Münzzähler schaltet den Stromkreis erst dann wieder ein, wenn die aufgelaufene Schuld und eine weitere Vorratsmünze eingeworfen worden sind.

Bei dem Doppeltarif-Münzzähler mit allmählichem Gebühreneinzug hat der eingebaute Synchronmotor nicht nur die eben erwähnte Aufgabe, sondern er betätigt über eine Zeitscheibe außerdem noch einige verstellbare Schaltreiter. Diese nehmen einen Hebel mit, der mit einer zwischen kWh-Zählwerk und Kassierwerk angeordneten umschaltbaren Uebersetzung in Verbindung steht. Die Uebersetzung wird je nach Tarifzeit vergrößert oder verkleinert; im niedrigen Tarif werden also mehr kWh je Einwurfsmünze abgegeben als im hohen Tarif.

Der Münzzähler kann außerdem noch mit einem Sperrschalter versehen werden, der ebenfalls durch die Schaltreiter auf der Zeitscheibe betätigt wird; damit kann beispielsweise ein Heißwasserspeicher o. dgl. während der Nacht eingeschaltet werden.

Ein weiteres Gerät, der zeitabhängige Münzkassierer, dient zur Einziehung fester Beträge innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes, z. B. eines Monats. Es hat keinen kWh-Zähler, sondern besteht nur aus dem Kassierwerk und dem Synchronmotor mit zugehörigem Laufwerk. Das durch Einwurf von Münzen entstandene Guthaben wird durch den Synchronmotor in stetigem, nur von der Zeit abhängigem Ablauf verringert. Der Verbraucher muß also regelmäßig Münzen einwerfen, wenn er verhindern will, daß der Verbrauchstromkreis abgeschaltet wird.

Da die neuen AEG-Münzzähler baukastenmäßig aufgebaut sind, kann z. B. ein gewöhnlicher Einfachtarifzähler nachträglich durch Einbau des Synchronmotors, der vollständig mit der veränderlichen Übersetzung usw. als Gebührenlaufwerk bezogen werden kann, in einen Münzzähler mit allmählichem Gebühreneinzug umgeändert werden. Ebenso kann man aus dem Einfachtarif-Münzzähler einen Doppeltarif-Münzzähler machen und umgekehrt.

Digitized by Google

Stellengesuche

Allererste Verkaufskraft und techn. gebild. Elektrofachkaufmann

sicher u. gewandt im schriftlichen u. persönlichen Verkehr mit jeder Kundschaft, Behörden u. Untergebenen, flotter u. selbständiger Arbeiter u. Disponent, mit nachweisbaren großen Erfolgen als **Verkaufsleiter bei der A. E. G., als Geschäftsführer von Ingenieurbüros** bekannter Elektrizitätsgesellschaften auf Großinstallation u. Ausführung moderner Beleuchtungs- u. Reklame-Anlagen, als Ein- u. Verkäufer u. Reisevertreter in Großhandlung tätig gewesen, sucht bei passender Gelegenheit großen, verantw. u. selbständigen Wirkungskreis als Geschäftsführer, Büro- oder Verkaufsleiter in Berlin, Halle oder Universitätsstadt.

Übernehme auch die Vertretung

leistungsfähiger Werke in Kabeln, Leitungen, Maschinen, Apparaten, Leuchten, Radio usw. für Berlin, Brandenburg und Mitteldeutschland. Erbitte ausführl. Angebote unter **E. 7373** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

ELEKTRO-INGENIEUR, 29 J., Arier, HTL „Auszeichn.", Hochfr., Schw.-Str., 12 J. Praxis, davon 6 J. Entw., in ungekünd. leitend. Stellung, **sucht:** verantwortlichen Posten (Entw. oder Vertrieb), **bietet:** großes prakt. Können in Entw.-Fragen, restlosen Einsatz der Person, große Anpassungsfähigkeit, **verlangt:** ungehemmte Arbeit, gute Bezahlg. u. ausbauf. Position. Nur ernsthafte Angeb. u. **E. 7391** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9

Diplom-Ingenieur

mit langjähriger Praxis in: Maschinen- und Transformatoren-Berechnung, Prüffeld, Planung industrieller und Kraftwerks-Anlagen, Bau von Trafo- und Schaltstationen sowie Hoch- und Niederspannungs-Leitungen, vertraut mit den VDE-Vorschriften, ausgezeichneter Praktiker, sucht z. 1. 10. od. spät. **selbständiges** Arbeitsgebiet bei **Elektrizitätswerk, Heeresdienststelle** oder **Industrie.**

Gefl. Zuschriften unter **E. 7390** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Transformatoren- u. Gleichrichter-Fachmann, mit langjähriger Praxis, Hochschulbildung, in Abnehmerkreisen bekannt, sucht geeignete Position, evtl. zur Neueinrichtung der Fabrikation kleiner und mittlerer Typen. Angebote erbeten unter **E. 7375** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Chef-Konstrukteur mit patentfähigen Ideen, langjährig erfahren in: Hoch- und Niederfrequenz, Entwicklung, Menschenführg., sucht sich zu verändern. Angebote erb. unt. **E. 7385** an die Anzeigen-Abteilung d. ETZ, Berlin W 9.

ETZ-Anzeigen verbürgen den größten Erfolg!

Dipl.-Ing., 36 Jahre, Spezialist der Meßtechnik, mit besonderen Kenntnissen auf dem Gebiete der Prüf- und Eicheinrichtungen, der Organisation von Prüfämtern, des Netzschutzes; ferner vertraut mit Bau von Kraftwerken und Schaltstationen; z. Zt. in ungekündigter leitender Stellung als Oberingenieur der Elektro-Großindustrie, sucht Veränderung als

Prüfamtsleiter

Angebote unter **E. 7383** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9

Elektroingenieur

41 Jahre, Köthener Absolvent mit kaufm. Kenntn., wünscht sich in ausbaufähige Dauerstellung zu verändern. Ang. unter **E. 7381** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Jung. Elektro-Ing.

sucht bis 1. Sept. 36 Stellung. Praxis bei Überlandwerk u. Flugzeugwerk. Süddeutschland bevorzugt. Ang. erbet. unter **E. 7374** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Wollen Sie etwas

günstig verkaufen? Dann ist das Beste, was Sie tun können, die Aufgabe einer „Kleinen Anzeige" in der ETZ. Die hohe Auflage unserer Zeitschrift und ihre allgemeine Verbreitung in Elektrofachkreisen bürgen für den Erfolg.

Dipl.-Ingenieur der Elektrotechnik

mit 12jähriger Praxis, besonders in Organisation und Vertrieb bestens bewandert, sucht

Vertrauensposten

bei größerem Werk.

Ang. erb. u. **E. 7368** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Versuchsingenieure

Ingenieure und Techniker (auch technische Physiker) mit Eignung für Ausführung und Auswertung von Versuchen für Schiffbau zum baldigen Dienstantritt gesucht. Vergütung je nach Berufsjahren gemäß R. A. T. Bewerbungen mit Lichtbild, ausführlichem selbstgeschriebenem Lebenslauf, sämtl. Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen an [7379]

Marinearsenal Technische Abteilung Kiel.

Dipl.-Ingenieur

der **Elektrotechnik** für **physikalisches Laboratorium gesucht.** Ausführliche Bewerbungen mit Lichtbild u. Gehaltsansprüchen unter **E. 7285** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Wir suchen zur Verwendung im Technischen Büro und zur Projektierung von Install. Anlagen jungen

Elektro-Ingenieur

in Anfangsstellung. Montage- u. Werkstattpraxis ist erwünscht. Schriftliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen sind zu richten an [7378]

Elektrizitätswerk Rostock.

Digitized by Google

Geschlossene Drehstrommotoren von 12 · · · 340 kW bei 1000 U/min.

Mitteilung der AEG.

Überall, wo das Motorinnere gegen schädliche Einwirkungen der Außenluft geschützt werden muß, z. B. in chemischen Betrieben, Spinnereien und Webereien, Kali-, Berg- und Hüttenwerken, Pulverfabriken, Kesselhäusern, sollen nur vollkommen geschlossene Motoren verwendet werden.

Die AEG hat hierfür eine Sonderbauart, die Form DAM (Abb. 1), entwickelt, bei der durch geeignete Kühlung eine gesteigerte Wärmeabgabe an der äußeren Oberfläche erreicht wird. Ein besonderer Vorzug dieser

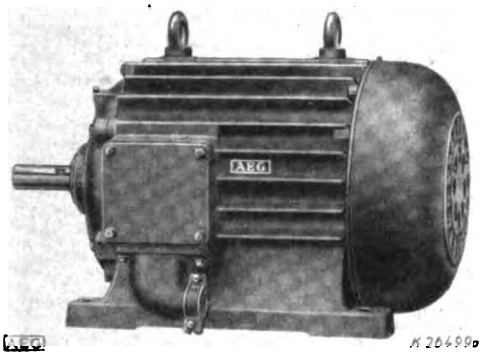


Abb. 1. Geschlossener Drehstrommotor mit Außenbelüftung und Doppelnutläufer (Form DAM).

Bauart liegt darin, daß die Kühlung durch den Motor selbst erfolgt und besondere Rohrleitungen, welche die Kühlluft erst an den Motor heranbringen, nicht erforderlich sind.

Die Schutzart der Motoren entspricht den Regeln für die Prüfung von elektrischen Maschinen vom Jahre 1930, § 19, III, in denen es heißt: „die stromführenden und innenumlaufenden Teile sind allseitig abgeschlossen, die Maschine wird durch Eigenbelüftung der Außenfläche gekühlt". Hierzu ist außerhalb des allseitig geschlossenen Gehäuses auf der Motorenwelle unter einer Schutzhaube ein Lüfter aufgesetzt, der die Kühlluft über das Motorgehäuse bläst. Zur Vergrößerung der kühlenden Oberfläche ist das Gehäuse in axialer Richtung mit vielen Längsrippen versehen. Die Gehäuseoberfläche liegt vollkommen frei und kann auch während des Betriebes leicht gereinigt werden. Die Haube schützt vor

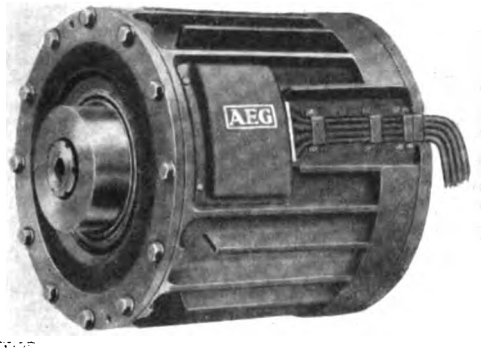


Abb. 2. Druckfestgekapselter Elektrobandrollenmotor (Form DMB).

Berührung des Lüfters und gibt der Kühlluft gleichzeitig die erforderliche Führung. Die Ständerbleche liegen fest an der inneren Gehäusewand an. Die Wärme geht somit unmittelbar von dem Ständerblechpaket auf das Gehäuse über. Eine weitere Verbesserung des Wärmeaustausches wird durch eine innere Umlaufkühlung erreicht. Am Läufer angesetzte Lüfterflügel sorgen für einen dauernden Umlauf der Innenluft, derart, daß die warme Luft an die Außenwand und durch die als Kanäle ausgebildeten Gehäusefüße gepreßt wird. Da die Gehäusefüße ebenso wie die Gehäuserippen im Luftstrom des Außenlüfters liegen, wird eine wirksame Abkühlung der warmen Innenluft erreicht.

Bei den größeren Motoren ist außerdem ein besonderer Oberflächenkühler vorgesehen, in dem die Innenluft durch den Außenlüfter rückgekühlt wird. Der Kühler selbst besteht aus mehreren dünnwandigen Kammern, die an den Enden durch Aussparungen im Gehäuserücken mit dem Motorinneren in Verbindung stehen.

Die Motoren sind dem Verwendungszweck entsprechend sehr kräftig gebaut. Bei üblicher Ausführung haben sie zwei Schildlager und Wellenstumpf für Kupplung oder Riemenantrieb. In Sonderausführungen werden die kleineren Motoren mit unmittelbar angebauter Spannrolle für Gewichts- und Federspannung, als Einbaumotoren (Abb. 2) und als Flanschmotoren für waagerechte und senkrechte Anordnung (Abb. 3) geliefert. Bei schlagwettergeschützter oder explosionsgeschützter Ausführung erfolgt die Auslegung nach den behördlichen Richtlinien (VDE-Blätter 0170/1933 bzw. VDE 0165/1935). Die Motoren haben durchweg Wälzlager, die in der Fabrik mit Fett gefüllt werden; bei gewöhnlichem Betrieb reicht diese Fettfüllung etwa zwei Jahre aus.

Abb. 3. Geschlossener Drehstrommotor in senkrechter Anordnung (Form DAMS).

Ständer und Läuferklemmen sind durch besondere Klemmenkasten geschützt und die Ständerzuführungen durch Kabelendverschlüsse abgedeckt. Vergießbare Läuferkabelendverschlüsse werden auf Wunsch mitgeliefert.

Die DAM-Motoren werden mit Doppelnut-Kurzschluß- und Schleifringläufer gebaut. Bei den Doppelnutmotoren gibt es zwei verschiedene Auslegungen. Die eine für Anlassen mit Sterndreieckschalter ist besonders für Anlagen, bei denen die Anschlußbedingungen der Elektrizitätswerke eingehalten werden müssen, bestimmt; die andere Ausführung für direktes Einschalten, die sogenannten Industriemotoren, mit besonders geringem, etwa 3,5fachem Anlaufstrom und etwa 1,2fachem Anzugmoment haben eine günstige, dem Drehmomentverlauf der Arbeitsmaschine angepaßte Anlaufkennlinie. Für häufiges Anlassen bei schwierigen Bedingungen und für Reglung der Drehzahl werden die Motoren mit Schleifringläufer geliefert.

Die Wicklungen sämtlicher Motoren erhalten in der Regel Feuchtigkeits-Schutzisolation. Soll ein besonderer Schutz gegen sehr feuchte Luft oder den ätzenden Einfluß von Säuredämpfen und Gasen vorgesehen werden, so wird die Isolation durch einen besonderen Lackanstrich verstärkt. Die DAM-Motoren werden fast ausschließlich mit Apyrolisolation versehen, die wärmebeständig und sehr widerstandsfähig ist.

Digitized by Google

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort portofrei zurückzusenden.

Die Stellungsuchenden weisen wir darauf hin, daß es zweckmäßig ist, den Bewerbungen auf Chiffre-Anzeigen keine Originalzeugnisse beizufügen. Zeugnisabschriften, Lichtbilder usw. müssen Namen u. Anschrift des Bewerbers tragen.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Stellengesuche

OBERINGENIEUR VDE

Dipl.-Ing., Fachrichtung Elektrotechnik, Mitte 30, ledig, Pg.,

sucht neuen, verantwortungsvollen Posten — technische Leitung bei EW oder Fabrikationsfirma, Aquisition, Projektierung

bietet erstklassige Ausbildung, reiche Erfahrungen auf dem gesamten Gebiet der Niederspannungs- und Hochspannungstechnik sowie der Schwachstromtechnik; Laboratoriums-, Prüffeld-, Konstruktions- und Montagepraxis; Erfinder zahlreicher Schutzrechte, Verhandlungs- und Verkaufsgeschick, gute technische Sprachkenntnisse (englisch, französisch, Auslandsaufenthalt).

Angebote unter **E. 7413** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Dipl.-Ing. der Elektrotechnik

34 J., arisch, m. langjährig. Praxis bei führenden Elektrizitäts- u. Maschinenbaufirmen in Projektierung u. Montage elektr. Starkstromanlagen (Antriebe, Stromerzeugung, Schweißanl.) sucht geeignete Stellung, auch bei klein. Werk. Angebote unter **E. 7410** an die Anzeigen-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Selbst. Elektro-Ingenieur

für Planung von Hoch- und Niederspannungsanlagen, sowie deren Bauleitung gesucht von Großunternehmen Mitteldeutschlands. Dazu erwünscht: Kenntnisse d. allgem. Maschinenbaues, mehrjährige Tätigkeit in größ. Ind.-Unternehmen od. Eltwerk, da Bewerber später Revisionen ausführen soll; 35—40 Jahre. Hdgeschr. Lbslf., Lichtb., lückenl. Zeugnisabschr., Abstammungsnachw., Referenzen, Gehaltsanspr., u. früh. Antrittstag erb. unt. „Elektro-Ingenieur“/ **E. 7415** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Gesucht wird zum möglichst baldigen Antritt ein junger **Dipl.-Ing.** **der Fachrichtung Starkstromtechnik** zur Bearbeitung von Prüfungsanträgen für schlagwettergeschützte elektrische Betriebsmittel. Angebote mit ausführlichem, handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften und Angabe, wann der Dienstantritt erfolgen kann, sind zu richten an [7411]

Versuchsstrecke, Dortmund-Derne.

AEG

sucht zu sofortigem Eintritt

Diplom- u. Fachschul-Ingenieure

für die Projektierung und Ausführung von Kraftstationen, Beleuchtungs-, Lüftungs-, Heizungs- u. Wasserversorgungsanlagen.

Kennwort Cv 129

jüngeren Techniker

zur Bearbeitung von Projekt- und Ausführungszeichnungen für Rohrleitungs- und Dampfturbinenanlagen. Gute Schrift erwünscht.

Kennwort Cv 130

Schriftliche Angebote mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen, frühestem Eintrittstermin und Angabe des Kennworts an [7412]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft
Personalverwaltung, Berlin NW 40.

Führende westfälische elektrotechnische Firma sucht zur Unterstützung ihres Betriebsleiters zum baldigen Eintritt:

jüngeren Betriebsassistenten

möglichst mit Erfahrungen auf dem Gebiete der Installationsmaterialien. Stellung ist gut bezahlt und bei Eignung ausbaufähig. Selbstgeschriebene Bewerbungen mit: Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen, Lichtbild und Angabe des frühesten Eintritt-Termins erbeten unter **E. 7397** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Prüffeldingenieure

für Elektro-Kleinmotoren und

Berechnungs-Ingenieure

für Elektro-Kleinmotoren sowie für Starkstromapparate von Berliner Werk gesucht.

Ausführliche Bewerbungen mit Angabe der Gehaltsansprüche unter **E. 7403** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Digitized by Google

Geschlossene Drehstrommotoren von 12 · · · 340 kW bei 1000 U/min.

Mitteilung der AEG.

Überall, wo das Motorinnere gegen schädliche Einwirkungen der Außenluft geschützt werden muß, z. B. in chemischen Betrieben, Spinnereien und Webereien, Kali-, Berg- und Hüttenwerken, Pulverfabriken, Kesselhäusern, sollen nur vollkommen geschlossene Motoren verwendet werden.

Die AEG hat hierfür eine Sonderbauart, die Form DAM (Abb. 1), entwickelt, bei der durch geeignete Kühlung eine gesteigerte Wärmeabgabe an der äußeren Oberfläche erreicht wird. Ein besonderer Vorzug dieser

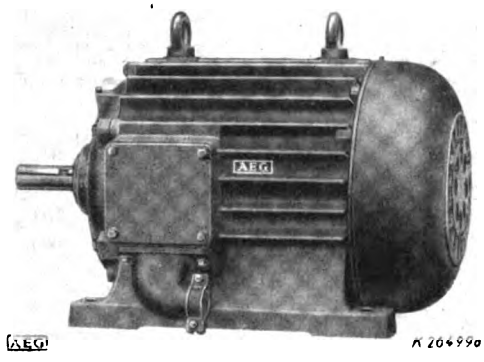


Abb. 1. Geschlossener Drehstrommotor mit Außenbelüftung und Doppelnutläufer (Form DAM).

Bauart liegt darin, daß die Kühlung durch den Motor selbst erfolgt und besondere Rohrleitungen, welche die Kühlluft erst an den Motor heranbringen, nicht erforderlich sind.

Die Schutzart der Motoren entspricht den Regeln für die Prüfung von elektrischen Maschinen vom Jahre 1930, § 19, III, in denen es heißt: „die stromführenden und innenumlaufenden Teile sind allseitig abgeschlossen, die Maschine wird durch Eigenbelüftung der Außenfläche gekühlt". Hierzu ist außerhalb des allseitig geschlossenen Gehäuses auf der Motorenwelle unter einer Schutzhaube ein Lüfter aufgesetzt, der die Kühlluft über das Motorgehäuse bläst. Zur Vergrößerung der kühlenden Oberfläche ist das Gehäuse in axialer Richtung mit vielen Längsrippen versehen. Die Gehäuseoberfläche liegt vollkommen frei und kann auch während des Betriebes leicht gereinigt werden. Die Haube schützt vor

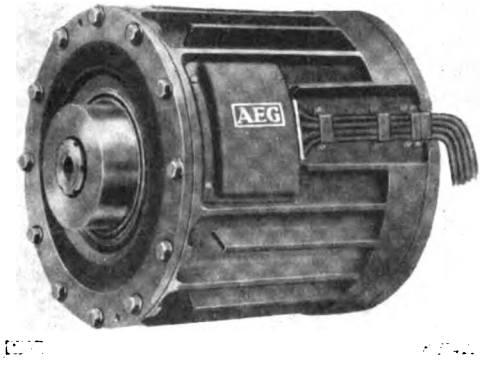


Abb. 2. Druckfestgekapselter Elektrobandrollenmotor (Form DMB).

Berührung des Lüfters und gibt der Kühlluft gleichzeitig die erforderliche Führung. Die Ständerbleche liegen fest an der inneren Gehäusewand an. Die Wärme geht somit unmittelbar von dem Ständerblechpaket auf das Gehäuse über. Eine weitere Verbesserung des Wärmeaustausches wird durch eine innere Umlaufkühlung erreicht. Am Läufer angesetzte Lüfterflügel sorgen für einen dauernden Umlauf der Innenluft, derart, daß die warme Luft an die Außenwand und durch die als Kanäle ausgebildeten Gehäusefüße gepreßt wird. Da die Gehäusefüße ebenso wie die Gehäuserippen im Luftstrom des Außenlüfters liegen, wird eine wirksame Abkühlung der warmen Innenluft erreicht.

Bei den größeren Motoren ist außerdem ein besonderer Oberflächenkühler vorgesehen, in dem die Innenluft durch den Außenlüfter rückgekühlt wird. Der Kühler selbst besteht aus mehreren dünnwandigen Kammern, die an den Enden durch Aussparungen im Gehäuserücken mit dem Motorinneren in Verbindung stehen.

Die Motoren sind dem Verwendungszweck entsprechend sehr kräftig gebaut. Bei üblicher Ausführung haben sie zwei Schildlager und Wellenstumpf für Kupplung oder Riemenantrieb. In Sonderausführungen werden die kleineren Motoren mit unmittelbar angebauter Spannrolle für Gewichts- und Federspannung, als Einbaumotoren (Abb. 2) und als Flanschmotoren für waagerechte und senkrechte Anordnung (Abb. 3) geliefert. Bei schlagwettergeschützter oder explosionsgeschützter Ausführung erfolgt die Auslegung nach den behördlichen Richtlinien (VDE-Blätter 0170/1933 bzw. VDE 0165/1935). Die Motoren haben durchweg Wälzlager, die in der Fabrik mit Fett gefüllt werden; bei gewöhnlichem Betrieb reicht diese Fettfüllung etwa zwei Jahre aus.

Abb. 3. Geschlossener Drehstrommotor in senkrechter Anordnung (Form DAMS).

Ständer und Läuferklemmen sind durch besondere Klemmenkasten geschützt und die Ständerzuführungen durch Kabelendverschlüsse abgedeckt. Vergießbare Läuferkabelendverschlüsse werden auf Wunsch mitgeliefert.

Die DAM-Motoren werden mit Doppelnut-Kurzschluß- und Schleifringläufer gebaut. Bei den Doppelnutmotoren gibt es zwei verschiedene Auslegungen. Die eine für Anlassen mit Sterndreieckschalter ist besonders für Anlagen, bei denen die Anschlußbedingungen der Elektrizitätswerke eingehalten werden müssen, bestimmt; die andere Ausführung für direktes Einschalten, die sogenannten Industriemotoren, mit besonders geringem, etwa 3,5fachem Anlaufstrom und etwa 1,2fachem Anzugmoment haben eine günstige, dem Drehmomentverlauf der Arbeitsmaschine angepaßte Anlaufkennlinie. Für häufiges Anlassen bei schwierigen Bedingungen und für Reglung der Drehzahl werden die Motoren mit Schleifringläufer geliefert.

Die Wicklungen sämtlicher Motoren erhalten in der Regel Feuchtigkeits-Schutzisolation. Soll ein besonderer Schutz gegen sehr feuchte Luft oder den ätzenden Einfluß von Säuredämpfen und Gasen vorgesehen werden, so wird die Isolation durch einen besonderen Lackanstrich verstärkt. Die DAM-Motoren werden fast ausschließlich mit Apyrolisolation versehen, die wärmebeständig und sehr widerstandsfähig ist.

Digitized by Google

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort portofrei zurückzusenden.

Die Stellungsuchenden weisen wir darauf hin, daß es zweckmäßig ist, den Bewerbungen auf Chiffre-Anzeigen keine Originalzeugnisse beizufügen. Zeugnisabschriften, Lichtbilder usw. müssen Namen u. Anschrift des Bewerbers tragen.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Stellengesuche

OBERINGENIEUR VDE

Dipl.-Ing., Fachrichtung Elektrotechnik, Mitte 30, ledig, Pg.,

sucht neuen, verantwortungsvollen Posten — technische Leitung bei EW oder Fabrikationsfirma, Aquisition, Projektierung

bietet erstklassige Ausbildung, reiche Erfahrungen auf dem gesamten Gebiet der Niederspannungs- und Hochspannungstechnik sowie der Schwachstromtechnik; Laboratoriums-, Prüffeld-, Konstruktions- und Montagepraxis; Erfinder zahlreicher Schutzrechte, Verhandlungs- und Verkaufsgeschick, gute technische Sprachkenntnisse (englisch, französisch, Auslandsaufenthalt).

Angebote unter **E. 7413** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Dipl.-Ing. der Elektrotechnik

34 J., arisch, m. langjährig. Praxis bei führenden Elektrizitäts- u. Maschinenbaufirmen in Projektierung u. Montage elektr. Starkstromanlagen (Antriebe, Stromerzeugung, Schweißanl.) sucht geeignete Stellung, auch bei klein. Werk. Angebote unter **E. 7410** an die Anzeigen-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Selbst. Elektro-Ingenieur

für Planung von Hoch- und Niederspannungsanlagen, sowie deren Bauleitung gesucht von Großunternehmen Mitteldeutschlands. Dazu erwünscht: Kenntnisse d. allgem. Maschinenbaues, mehrjährige Tätigkeit in größ. Ind.-Unternehmen od. Eltwerk, da Bewerber später Revisionen ausführen soll; 35—40 Jahre. Hdgeschr. Lbslf., Lichtb., lückenl. Zeugnisabschr., Abstammungsnachw., Referenzen, Gehaltsanspr., u. früh. Antrittstag erb. unt. „Elektro-Ingenieur"/ **E. 7415** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Gesucht wird zum möglichst baldigen Antritt ein junger **Dipl.-Ing.** der Fachrichtung Starkstromtechnik zur Bearbeitung von Prüfungsanträgen für schlagwettergeschützte elektrische Betriebsmittel. Angebote mit ausführlichem, handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften und Angabe, wann der Dienstantritt erfolgen kann, sind zu richten an [7411]

Versuchsstrecke, Dortmund-Derne.

AEG

sucht zu sofortigem Eintritt

Diplom- u. Fachschul-Ingenieure

für die Projektierung und Ausführung von Kraftstationen, Beleuchtungs-, Lüftungs-, Heizungs- u. Wasserversorgungsanlagen.

Kennwort Cv 129

jüngeren Techniker

zur Bearbeitung von Projekt- und Ausführungszeichnungen für Rohrleitungs- und Dampfturbinenanlagen. Gute Schrift erwünscht.

Kennwort Cv 130

Schriftliche Angebote mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen, frühestem Eintrittstermin und Angabe des Kennworts an [7412]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft
Personalverwaltung, Berlin NW 40.

Führende westfälische elektrotechnische Firma sucht zur Unterstützung ihres Betriebsleiters zum baldigen Eintritt:

jüngeren Betriebsassistenten

möglichst mit Erfahrungen auf dem Gebiete der Installationsmaterialien. Stellung ist gut bezahlt und bei Eignung ausbaufähig. Selbstgeschriebene Bewerbungen mit: Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen, Lichtbild und Angabe des frühesten Eintritt-Termins erbeten unter **E. 7397** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Prüffeldingenieure

für Elektro-Kleinmotoren und

Berechnungs-Ingenieure

für Elektro-Kleinmotoren sowie für Starkstromapparate von Berliner Werk gesucht.

Ausführliche Bewerbungen mit Angabe der Gehaltsansprüche unter **E. 7403** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Digitized by Google

Weitere Ausführungsformen des AEG-Tarifgeräts System Ferrari.

Mitteilung der AEG.

Das AEG-Tarifgerät hat die Aufgabe, festzustellen, ob und in welchem Umfang Verbrauch unter Nichteinhaltung einer vereinbarten Leistung (im Grundgebührentarif z. B. der bestellten und bezahlten Leistung) entnommen worden ist (Abb. 1), damit dieser Verbrauch gesondert abgerechnet werden kann. Hierdurch kann z. B. der niedrige Arbeitspreis eines Grundgebührentarifs auf den Bereich der bestellten Leistung beschränkt werden, während Überlastungs-kWh mit einem Preis etwa in der Größenordnung entsprechender Zählertarife abgerechnet werden. Die Tatsache, daß die Überlastungs-kWh den Gesamtverbrauch bei Überlastung darstellen – im Gegensatz zur Überverbrauchszählung die nur die Überschußarbeit (Spitzen-kWh) ermittelt –, hat den Erfolg, daß bei der Preisbildung für Überlastungen nicht nur ihre Höhe und Dauer mitsprechen, sondern auch der Verschiedenheitsfaktor. Langanhaltende, niedrige Überlastungen werden spezifisch teuer; Überlastungen werden um so billiger, je enger sie zeitlich eingeschnürt werden, d. h. je besser ihr Verschiedenheitsfaktor wird. Es wird dadurch erreicht, daß die gewöhnlich gebrauchte Leistung als Tarifleistung auch wirklich bestellt wird, während der hohe Tarif nur für ausnahmsweisen Verbrauch mit größerer Leistung in Kraft tritt.

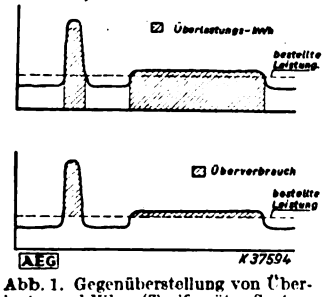


Abb. 1. Gegenüberstellung von Überlastungs-kWh (Tarifgerät System Ferrari) und Überverbrauchs-kWh (Spitzenzähler).

Aufbau und Arbeitsweise des AEG-Tarifgeräts System Ferrari Form TG 10 seien als bekannt vorausgesetzt*). Um die Installation des für gewöhnlich als Zusatzeinrichtung ausgebildeten Geräts für Neuanlagen zu vereinfachen und zu verbilligen, wurde das Tarifgerät Form TG 10 mit dem AEG-Wechselstromzähler Form J 6x (x = Festmengenkontakt) vereinigt. Diese Ausführung (Abb. 2) wird für Stromstärken bis 30 A gebaut.

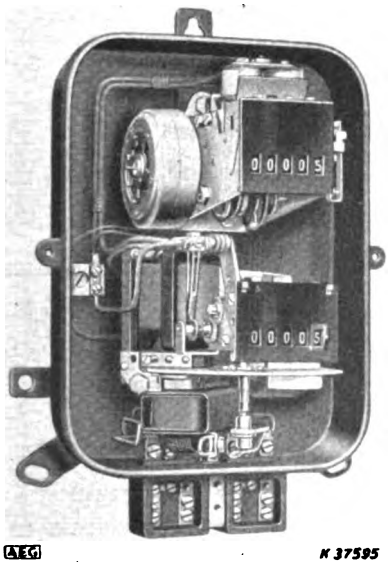


Abb. 2. AEG-Tarifgerät Form TG 10, vereinigt mit Wechselstromzähler Form J 6 x

Die lastabhängige Unterscheidung des Verbrauchs kann zeitweise ausgesetzt werden, indem man in die Verbindung zwischen kWh-Zähler und Tarifgerät Form TG 10 eine Schaltuhr einfügt. Auf diese Weise wird die Überlastprüfung und -registrierung beispielsweise nachts unterlassen, so daß beliebig hohe Leistung entnommen werden kann, ohne daß der erhöhte Tarif in Kraft tritt. Man hat hierdurch die Möglichkeit der Nachtstromförderung, wenn der Arbeitspreis des Grundgebührentarifs entsprechend niedrig angesetzt ist. In anderen Fällen wird die tageszeitabhängige Steuerung des Tarifgeräts Form TG 10 dazu benutzt, die Überlastungsprüfung und -registrierung auf die eigentlichen Spitzenstunden allein zu beschränken.

Da das Tarifgerät Form TG 10 ohnedies einen Synchronmotor als Bauteil enthält, kann dieses als Antrieb einer 24-Stundenscheibe dienen, welche nun über ein entsprechendes Schaltwerk innerhalb des Geräts selbst die tageszeitabhängige Steuerung der Überlastungsregistrierung bewerkstelligt. Diese Ausführung Form TG 20 bildet für Werke, deren Netzfrequenz zeitgenau geregelt ist, eine sehr vorteilhafte Lösung für die verschiedensten Tarifaufgaben. Auch bei diesem Gerät kann die Beschränkung auf bestimmte Tageszeiten in beliebiger Weise, wie mit getrennter Schaltuhr, vorgenommen werden.

Dieses Gerät kann überdies mit einem zweiten Schaltwerk ausgerüstet werden, das einen äußeren Stromkreis — etwa einen Heißwasserspeicher, Reklamebeleuchtung u. ä. — steuert (bis 10 A, 250 V). Hierbei müssen allerdings die Schaltzeiten der Überlastungsprüfung und die Sperrzeiten des äußeren Stromkreises übereinstimmen (Form TG 20 n). Bei einer weiteren Ausführung, Form TG 20 n* (Abb. 3), die ebenfalls den Sperrschalter für einen äußeren Stromkreis enthält, ist die Folge der Schaltzeiten des Sperrkreises unabhängig von den Zeiten des Aussetzens der Lastkontrolle.

Durch die Ausführungen TG 20 n und TG 20 n* sind also Tarifeinrichtungen gewonnen worden, die lastabhängige und zugleich tageszeitabhängige Tarifierung durch ein sehr einfaches Gerät vorzunehmen gestatten und überdies für Sperrstromkreise eine besondere Schaltuhr ersetzen.

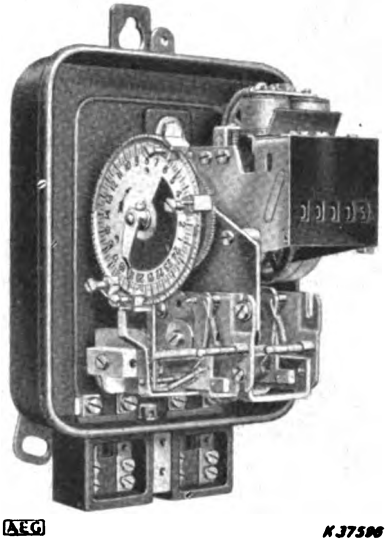


Abb. 3. AEG-Tarifgerät Form TG 20 n*

Die Tarifgeräte Form TG 20, TG 20 n und TG 20 n* haben aber noch einen anderen Zweck zu erfüllen. Lediglich durch Umkehren eines Nockens im Tarifgerät wird die Einrichtung nämlich zur Durchführung eines gewöhnlichen Doppeltarifs geeignet. Es wird dann nicht mehr die Belastung geprüft und entsprechend dem Ergebnis dieser Messung der Überlastungsverbrauch allein registriert, sondern der ganze Verbrauch wird gezählt, wenn die Schaltuhr die Registrierung zuläßt. Der Verbrauch im hohen Tarif wird also zusätzlich registriert, während der kWh-Zähler den Gesamtverbrauch anzeigt. Mit diesen Angaben läßt sich nun der gewöhnliche Doppeltarif durchführen. — Dieses Verfahren hat den Vorzug, daß das zweite Zählwerk für den Doppeltarif mit der Schaltuhr vereinigt ist, während die Grundform des kWh-Zählers beibehalten wird. Dieser muß lediglich den Festmengenkontakt erhalten.

Diese Art der Registrierung für gewöhnlichen Doppeltarif ist nicht nur billiger als bisherige Kombinationen, sondern auch vielseitiger. Man kann nun vom Doppeltarif zum Grundgebührentarif übergehen, möglicherweise mit tageszeitabhängiger Freigabe von Mehrleistung, ohne Zählerbestände zu entwerten. Außerdem handelt es sich stets um einheitliche Zusatzgeräte, unabhängig von der Leiterzahl, Schaltung oder Nennstromstärke des kWh-Zählers der Anlage.

*) s. auch Elektrizitätswirtschaft 1935, H. 8, AEG-Mitteilungen 1935, H. 3, 5, 7, VDE-Fachberichte 1935, S. 163...165.

Digitized by Google

Nikorro

die ideale Feuchtraumleitung von Hand biegbar

Vertrieb durch die B B C-Büros

Rheinische Draht-u.Kabelwerke G.m.b.H. Köln-Riehl

DIE RICHTIGE
Arbeitsplatzbeleuchtung

zeigt Ihnen unser neues, objektives TASCHENLUXMETER „Metruse" mit seinem für alle vorkommenden Fälle ausreichenden Meßbereich von 0-3000 Lux. zuverlässig an. Metruse ist ein billiger, handlicher Beleuchtungsmesser für jeden Elektro-Fachmann, Licht-Spezialisten, Leuchten-Fabrikanten, Architekten, Schaufenster-Dekorateur usw.

RM 25.20 ohne Ledertasche

METRAWATT AKTIENGESELLSCHAFT
NÜRNBERG-O
Fabrik elektr. Meßgeräte

WIDERSTANDSMATERIAL

DYW SCHWERTE

DIN VDE 6461, WM 110, WM 100, WM 50, WM 43

Ia Ia	0,48–0,50 Ohm
Nickelin I	0,41–0,43 Ohm
Neusilber 2a	0,36–0,38 Ohm
Chromnickelstahl	0,88 Ohm
Chronin 85	0,85 Ohm (techn. eisenfrei)
Chronin 100	1 Ohm (techn. eisenfrei)
Ferrochronin	1,10 Ohm

Für Thermoelemente:
Ia Ia, Nickel C, Chronin 85
liefert seit Jahrzehnten in anerkannter Qualität

VEREINIGTE DEUTSCHE NICKEL-WERKE A.-G.
vormals
Westfälisches Nickelwalzwerk Fleitmann, Witte & Co.
SCHWERTE (RUHR)

Digitized by Google

Die Lastenförderung mit Elektrohubkarren.

Mitteilung der AEG.

In der neuzeitlichen Betriebsführung ist die Aufmerksamkeit nicht auf das Herstellungsverfahren allein gerichtet, sondern auch auf die sogenannten Hilfsarbeiten, von denen das Förderwesen eine der wichtigsten ist. Lange Zeit hindurch ist wohl in vielen Fällen gegenüber der Ausbildung geeigneter Fertigungsverfahren und -maschinen die Frage der Kosten für die Werkstoffzuführung zu diesen Maschinen und für die Beförderung des halbfertigen oder fertigen Erzeugnisses zum Zwischenlager, zum Fertiglager und zur Versandrampe vernachlässigt worden. Untersuchungen der Selbstkosten von Betrieben verschiedener Industriezweige ergaben, daß bis zu 20 % der gesamten Ausgaben auf das Förderwesen entfallen. Anzustreben ist, daß auf diesem Gebiet noch größere Ersparnisse erzielt werden.

Zur Erreichung dieses Zieles ist es zunächst erforderlich festzustellen, mit welcher geringsten Umladearbeit die Güter zu befördern sind. In den meisten Fällen wird es richtig sein, die Werkstücke, Halb- und Fertigerzeugnisse entsprechend dem Anfall aus der Fertigung auf einer Ladebank zu lagern, die alsdann von einem Elektrohubkarren mit einer hydraulischen Hubvorrichtung aufgenommen (s. Abb.), an den Platz der Weiterbehandlung befördert und dort wieder abgesetzt wird.

Die Förderweise mit Elektrohubkarren ist sehr einfach und gestattet, weitgehend auf die Besonderheiten eines jeden Fördergutes Rücksicht zu nehmen und daher sehr große Ersparnisse zu erzielen.

Die weiteren Vorteile dieses Verfahrens sind vereinfachte Überwachung und Mengenprüfung. Die Ladebanklasten können so genormt werden, daß Einheitsmengen je Ladung zustande kommen. Statt der Einzelstücke wird dann nur die Gesamtladung überprüft; die damit verbundene Zeitersparnis kommt wieder der Fertigung zugute, da der zeitliche Ablauf der Fertigung von der Werkstoff- bzw. Halbteile-Anlieferung wesentlich abhängt[1]).

Durch die verminderte Zahl der Umladungen wird schließlich auch die Gefahr einer Beschädigung zerbrechlichen Fördergutes vermindert, z. B. der Kerne in großen Gießereien. Auch die hierdurch erzielbare Ersparnis bietet oftmals so großen Vorteil, daß sich die Beschaffung eines AEG-Elektrohubkarrens für diese Zwecke lohnt.

Die gebräuchlichste Ladebank ist eine flache, rechtwinklige Vorrichtung aus Holz oder Metall, versehen mit Rollen, Füßen oder anderen Stützen. Diese Ladebänke geben die Möglichkeit, viele Einzelgegenstände zu einer Einheitslast zu vereinen; sie bieten somit ein einfaches und wirtschaftliches Verfahren zur Mechanisierung des Förderwesens.

AEG-Elektrohubkarren für 2000 kg Tragkraft beim Aufnehmen einer Ladebank.

Die von der AEG entwickelten Bauarten von Elektrohubkarren sind in der nachstehenden Tafel gekennzeichnet.

Bauart	Elektrohubkarren EH1002[2])	EH2004[3])	EH3004[3])
Tragfähigkeit . . . kg	1000	2000	3000
Anzahl der lenkbaren Räder	2	4	4
Raddurchmesser. . mm	445 u. 200...250	540 u. 250	550 u. 260
Anzahl der Fahrmotoren	1	2	2
Anzahl der Batteriezellen	20	40	40
Geschwindigkeit km/h ohne Last	10,5	11,5	13
mit Last	8	9	10
Fahrbereich mit Vollast bis zu . . . . . km	30	40	36

[1]) s. AEG-Mitteilungen 1934, H. 4, S. 135.
[2]) Mit hand-hydraulischer Hubvorrichtung.
[3]) Mit motor-hydraulischer Hubvorrichtung.

Digitized by Google

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort portofrei zurückzusenden.

Die Stellungsuchenden weisen wir darauf hin, daß es zweckmäßig ist, den Bewerbungen auf Chiffre-Anzeigen keine Originalzeugnisse beizufügen. Zeugnisabschriften, Lichtbilder usw. müssen Namen u. Anschrift des Bewerbers tragen.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Stellengesuche

Elektro-Ingenieur
40 J., Arier, langj. Praxis in Masch.-Bau u. Elektrotechnik, Elektro-Meister, 11 jähr. ununterbroch. erfolgr. Tätigkeit als Lehrer an e. H.T.L., m. ersten Ref., sucht bei pass. Gel. entspr. Wirkungskreis. Angeb. erb. unter E. 7448 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur
Anf. 30, m. speziell. el. mediz. Kenntn., 10 J. bei Großfirma tätig, sucht pass. Wirkungskreis. Auch Einarbeit in and. Gebiete d. El.-Technik. Ang. unter E. 7460 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur
45 Jahre, seit 1923 selbständig, Installation, sucht Stellung. Konstruktion — Betrieb — möglichst Apparatebau. Angebote erbeten u. Sp. 23715 an die Zeitungsexpedition Spandau, Breitestr. 66. (7480)

ETZ-ANZEIGEN verbürgen den größten Erfolg

Dipl.-Ing. der Elektrotechnik
mit Praxis im Installations- und Offertbüro, Arier, Poln. u. Russ. beherrsch., sucht sich zu veränd. Angeb. u. E. 7477a. d. Anz. Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Jung. Elektro-Ing.
mit Erfahrg. i. Entwerfen von Hoch- u. Niedersp.-Anlagen in ungekünd. Stellung sucht sich zu verändern, mögl. Berlin. Ang. unt. E. 7459 an d. Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9

Erfahrener
Transform.-Fachmann
(Arier) mit sehr guten Kenntn. d. Berechnung u. Werkausführ. von Transf. aller Größen u. Spann., Kessel- u. Regulier-syst. sowie d. Isolationstechn. sucht pass. Wirkungskr. ev. Reisetätigkeit. Erste Ref. Sprachk. Engl., Franz. u. Russ. Gefl. Zuschr. u. E. 7455 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

TELEFONIE
langjähr. Abteilungsleiter im Auslande. Schaltungstechnik. Konstruktion, Montage und techn. Korrespondenz sucht geeignete Stellung. Zuschrift. unter E. 7483 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Dipl.-Ing. 38 J., Pg., Starkstromtechnik, langjährige Erfahrungen bei Weltfirmen in Planung und Akquisition sowie im Betrieb, beste Verkaufs- und Betriebserfolge, Sprachkenntnisse, repräsentative Erscheinung, Erfahrung in Gefolgschaftsführung, strebsam und zielbewußt, sucht Stellung. Angebote unter E. 7476 an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

INGENIEUR (Sudetendeutscher)
37 J. alt, verh., Arier, 10 jähr. Praxis, davon 7½ J. selbst. Betriebsleit. führ. el. Fabr., vollk. perf. in Konstruktion u. Bau elektr. Heiz- u. Kochapp. f. Haushalt u. Industrie, Schnitt, Stanzen u. Bakelitpreßformenbau, Schleiferei u. Metallveredelungsfachm., Kleintransformatorenbau, sucht entsprech. Stellg. Angeb. erb. unter E. 7449 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9.

Ingenieur, 32 Jahre, reichsdeutsch, arisch, bis jetzt in groß. Konzern d. Auslandes als Betriebsing. tätig, mit erstklassigen Zeugnissen u. Ref., Spezialist in der Erzeugung v. Heiz- u. Kochgeräten sowie Installationsmaterial u. Massenartik., sucht ehest Stellung als Betriebsleiter auch in der ČSR, da Arbeitsbewilligung vorhand. Zuschr. unt. E. 7461 an die Anz.-Abt. der ETZ., Bln. W 9, erbeten.

Dr.-Ing.
seit 10 Jahren in Großfirma tätig, ehem. aktiv. Offizier, in ungekündigter gehobener Stellung, erfahren in allen Problemen der Starkstromtechnik und in bestimmten Gebieten der Relaistechnik, energische, repräsentative Persönlichkeit, sucht leitende Stellung. Angebote unter E. 7466 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Schwachstrom-Ingenieur
Mitte Dreißig mit reichen Erfahrungen in der Projektierung u. Bauleitung von Fernsprech-Kabelanlagen, gute Kenntn. in der Wechselstrom-Meßtechnik, im Ausland erworb. span. Sprachkenntn., sucht neuen Wirkungskreis als Vertriebs-, Projekt- od. Montageingenieur. Gefl. Ang. unter E. 7454 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Direktor a. D. aus der Elektro-Versorgung (einschl. Apparate-Vertrieb und Absatzfinanzierung), 40 Jahre alt, bisher erfolgreich tätig, fachlich und persönlich geeignet, Fühlung mit bedeutenden Verbrauchern sucht Tätigkeit als

Verkaufs-Repräsentant

(oder Generalvertreter) für eine leistungsfähige Fabrik (Betriebsbedarf oder Gebrauchsgeräte) zur besonderen Pflege der bedeutenden Abnehmer und Überwachung der Bezirksvertreter. Zuschriften erbeten unter E. 7484 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Digitized by Google

Gekapselte Schaltanlagen.

Mitteilung der AEG.

Gekapselte Schalt- und Verteilungsanlagen haben in landwirtschaftlichen, gewerblichen und Industriebetrieben die offenen Anlagen mehr und mehr verdrängt. Maßgebend für diese Entwicklung sind die großen Vorteile der gekapselten Ausführung, vor allem ihre mechanische Festigkeit und leichte Unterbringungsmöglichkeit, die es gestatten, die Anlage

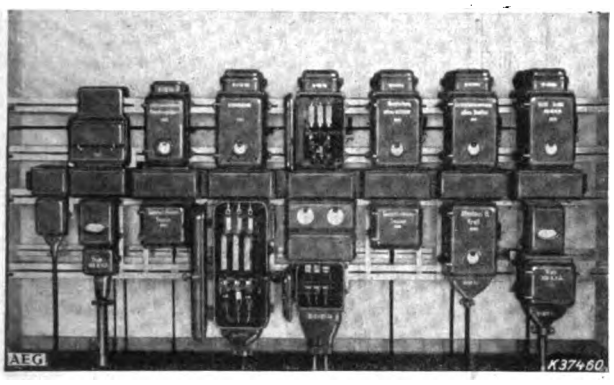


Abb. 1. Gußgekapselte Anlage Bauform N mit handbetätigten Luftselbstschaltern

an jeder beliebigen Stelle des Betriebes anzuordnen, z. B. in der unmittelbaren Nähe von Arbeitsplätzen und Maschinen, oder an Stellen, an denen die Anlagen durch starken Förderverkehr und dgl. der Gefahr einer mechanischen Beschädigung ausgesetzt sind. Ein weiterer Vorzug ist die dichte Kapselung, die es ermöglicht, die Anlage in Räumen mit starker Staubentwicklung, Dämpfen und Spritzwasser anzuordnen. Raumersparnis wird dadurch erzielt, daß nicht nur ein besonderer Raum für die Aufstellung überflüssig ist, sondern daß auch der Bedienungsgang hinter der Anlage wegfällt, da die Anlage unmittelbar an der Wand angebracht werden kann. Außerdem können die Anlagen

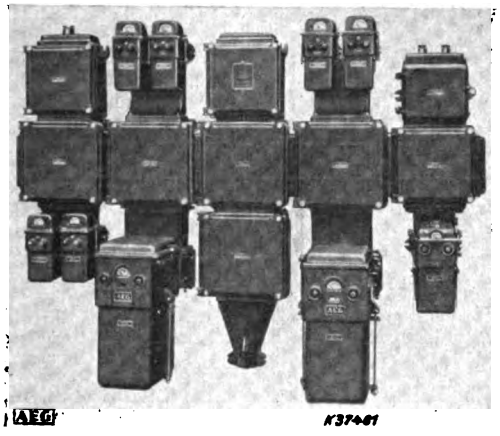


Abb. 2. Gußgekapselte Anlage Bauform U mit fernbetätigten Motorschutz-Ölschaltern.

an Stellen errichtet werden, die für andere Zwecke nicht oder nur schlecht zu verwenden sind, z. B. in schmalen Gängen, an Fensterwänden, in Nischen, an Pfeilern, in Ecken usw.

Ferner ergeben sich große Ersparnisse an Leitungsmaterial und Verlegungsarbeit, weil die Anlage an die Stelle gesetzt werden kann, die sich aus der Berücksichtigung einer einfachen und übersichtlichen Leitungsführung ergibt. Erhöhte Betriebsicherheit gegenüber offenen Anlagen wird geboten, denn durch die Kapselung ist einerseits das Bedienungspersonal vor der unbeabsichtigten Berührung spannungführender Teile geschützt, anderseits sind die eingebauten Geräte allen äußeren Einflüssen und Beschädigungen entzogen. Sehr wesentlich ist auch die leichte Erweiterungsmöglichkeit bzw. der einfache Umbau bestehender Anlagen, da die betreffenden Kasten bequem auszuwechseln oder neu anzubauen sind. Neu zu bohrende Schalttafeln fallen dabei weg.

Entsprechend den Anforderungen in den verschiedenartigen Betrieben hat die AEG verschiedene Bauformen entwickelt. Für leichtere Betriebe und einfachere Anlagen kommt die stahlblechgekapselte Bauform in Frage, die bis 350 A je Abzweig ausgeführt werden kann. Das geringe Gewicht ermöglicht die Anbringung auch an leichten Wänden.

Für schwerere Betriebe und solche Stellen, an denen mit dauernder Einwirkung von Dämpfen, Wasser und dgl. zu rechnen ist, bevorzugt man die gußgekapselten Ausführungen, bei denen wieder verschiedene Bauformen zu unterscheiden sind. Die Bauform N (Abb. 1), die in über 25jähriger Entwicklungsarbeit aufgebaut

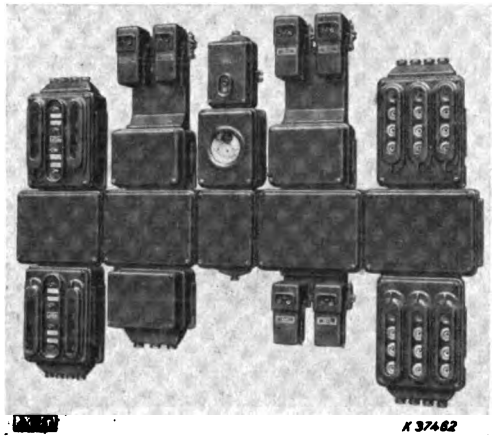


Abb. 3. Isolierstoffgekapselte Anlage Bauform J mit Kleinölschaltern und Lichtverteilungskasten.

wurde, ermöglicht sehr vielseitige Zusammenstellungen. Anlagen dieser Bauform können für Stromstärken bis 3000 A je Abzweig erstellt werden. Bei der Verwendung von Hochleistungsschaltern, Doppelsammelschienensystemen usw. lassen sich auch schwerste Betriebsbedingungen erfüllen; aber auch kleinste Verteilungen können ausgeführt werden.

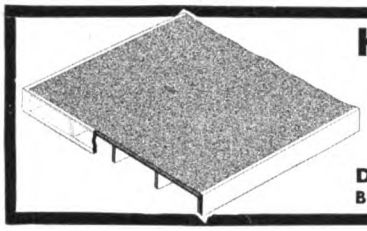
Die Bauform U (Abb. 2) wird dort bevorzugt, wo auf vereinfachte Lagerhaltung und leichte Umbaumöglichkeit großer Wert gelegt wird, denn bei dieser Form haben alle Kasten (es gibt nur fünf Gehäusegrößen) den gleichen Flansch. Außerdem sind die eingebauten Geräte, wie Trennschalter, Sicherungen usw., weitgehend auswechselbar. Anlagen der Bauform U sind bis 600 A je Abzweig zu bemessen. Die Geräte bzw. Kasten der Bauformen N und U können bei Bedarf auch zu gemeinsamen Anlagen zusammengestellt werden.

Die schlagwettergeschützte Ausführung ist für Bergwerke und Sonderzwecke bestimmt.

Neu auf den Markt gebracht wurde die isolierstoffgekapselte Ausführung unter der Bezeichnung Bauform J (Abb. 3). Sie bietet die Vorteile erhöhten Berührungsschutzes und geringen Gewichtes. Sie ist ebenfalls in erster Linie für leichtere Betriebe bestimmt. In dieser Ausführung können zur Zeit Anlagen bis 200 A je Abzweig geliefert werden.

Die gekapselten Schaltanlagen der AEG können auch fernbetätigt werden. Diese Betriebsweise bietet sehr oft beträchtliche betriebliche Vorteile und wird heute immer mehr verwendet.

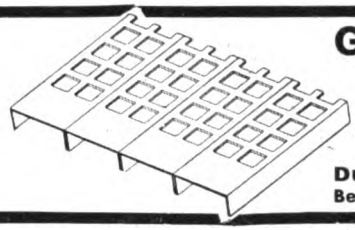
Digitized by Google



Kabelkanal

Abdeckplatten mit Gußlinoleumschicht, für jede Tragfähigkeit und Spannweite. Keine Unterkonstruktionen. Prospekte bereitwilligst.

Duroplattenwerk A.-G.
Berlin W 35 Woyrschstraße 13



Gitterroste DRP.

für Abdeckungen aller Art. Große freitragende Längen und Belastungen ohne Unterkonstruktion. Hohe Licht- und Luftdurchlässigkeit.

Duroplattenwerk A.-G.
Berlin W 35 Woyrschstraße 13

Stellengesuche

Diplom-Elektro-Ingenieur (VDE) Exportfachmann

34 Jahre, Arier, Erfahrungen in Schaltapparaten und Schaltanlagen für Hoch- u. Niederspannung. In- und Ausland. Sprachkenntn.: französ., englisch, rumänisch, spanisch, in ungekünd. Stellung, wünscht sich in ausbaufähige Position zu verändern. Gef. Ang. erb. unt. **E. 7490** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Reise- und Verkaufsingenieur

langj. Reisepraxis, Elektro und Radio, ganz Deutschland bereist, Ia Verkaufskraft, sucht entsprechende Stellung. Offerten unter **E. 7519** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ing., Ende 20, in ungek. Stellg., wünscht sich in verantw. Stellg. zu veränd., in der er mit ganz. Hingabe arbeit. kann. Bish. tätig bei gr. Überlandwerk u. bei Elektro-Großfirma. Vertraut mit Planung, Bau u. Betrieb v. Hoch- u. Niedersp.-Netz. (Kabel u. Freiltg.) Umform.- u. Schaltanl., Licht-, Kraft- u. Signalanl. versch. Art, ferner vertraut mit allen einschl. Vorschrift. u. Abmachung. sowie mit d. kaufm. Abwicklg. dieser Aufgab. Zuschr. erb. u. **E. 7511** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Junger Elektroingenieur (VDE), arisch, über 4 J. prakt. Tätigkeit im Elektro-Installationsfach (Gesellenprf.), sucht Anfangsstell. als **Betriebsassistent.** Gefäll. Angebote unter **E. 7501** an die Anzeig.-Abteilung der ETZ, Berlin W 9

ETZ-ANZEIGEN
verbürgen den
größten Erfolg

Stellenangebote

Elektrogroßfirma sucht für ihr Büro Erfurt einen

Elektro-Ingenieur

mit bester Verkaufs-Befähigung und Erfahrung in Starkstromanlagen, Industrieanlagen, chem. Betrieben, Trafo- und Umformerstationen, Schaltanlagen usw.

Der Bewerber muß in der Lage sein, die technische Korrespondenz und die Projektierung solcher Anlagen mit Umsicht zu erledigen. Erfahrung in Dampfturbinen-Projekten ist erwünscht.

Ausführliche schriftliche Bewerbungen unter Beifügung eines Lebenslaufes, Lichtbildes, von Zeugnisabschriften und Angabe des Bildungsganges, Referenzen, Gehaltsansprüchen und des frühesten Eintrittstermins erbeten unter **E. 7465** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

INGENIEUR

mit längerer Praxis in Projektierung und Akquisition für baldigen Eintritt gesucht. Ausführliche Bewerbungsschreiben mit Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsanspr. erbittet

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft Büro München
München, Kaufingerstr. 11. [7495]

Wir suchen zu baldigem Eintritt

Elektroingenieur

für Berechnung und Projektierung auf dem Gebiete des Schalt- und Regler-Gerätebaues und zur Führung des gesamten damit zusammenhängenden Schriftwechsels.

Konstrukteure

für das gleiche Arbeitsgebiet.

Den Bewerbungen sind beizufügen ein selbstgeschr. Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild.

Julius Pintsch, Aktiengesellschaft
Personalabteilung
[7479] Berlin O 27, Andreasstr. 71-73.

Große Elektrizitäts-Aktiengesellschaft **sucht** für eine ihrer Niederlassungen im rhein.-westfälischen Bezirk

tüchtigen Ingenieur

für Projektierung und späteren Vertrieb elektrischer Starkstromanlagen in Bergwerken über und unter Tage. Bewerber muß mit den Verhältnissen im Untertagebetrieb vertraut sein. Bewerbungen mit Lichtbild, Zeugnisabschriften u. Gehaltsansprüchen sowie Angabe des frühesten Eintrittstermins erbet. unt. **E. 7514** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Konstrukteure

für **Elektromotoren** und **Generatoren** gesucht.

Bewerbungen, denen Zeugnisabschriften, Bild und Angabe des Gehaltsanspruchs beizufügen sind, unter **E. 7504** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Jüngerer Elektro-Ingenieur

(Schwachstrom) mit abgeschlossener Bildung auf technischer Mittelschule für Laboratorium und Außendienst gesucht. Bewerbungen unter **E. 7500** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

BETRIEBS-INGENIEUR

des Elektromaschinenbaues für mittleres Elektromotorenwerk **sofort** gesucht. Herren, die in der Lage sind, die Fabrikation von Elektromaschinen selbständig und energisch durchführen zu können, wollen ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und unter Angabe des frühesten Eintrittstermins richten unter **E. 7489** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Fortsetzung auf Seite 18

Digitized by Google

AEG-Rundfunkempfänger 1936-37

Mitteilung der AEG.

Sechs neue Empfängerarten, drei Geradeaus- und drei Superhetempfänger, bringt die AEG zum Rundfunkjahr 1936/37 heraus. Davon werden zwei nur in Wechselstrom-, vier außerdem auch in Allstromausführung geliefert. Alle Empfänger zeichnen sich durch hervorragende, verzerrungsfreie Klangwiedergabe aus; ihre von neuen Kraftendröhren gesteuerten elektrodynamischen Hochleistungs-Lautsprecher mit verstärktem Feld umfassen einen weiten Tonbereich.

Der Hauptvertreter der Geradeausklasse ist der AEG 2^{16} (Abb. 1), der klangvolle Zweiröhren-Einkreiser

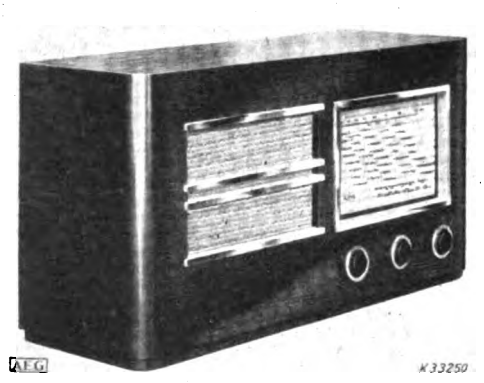


Abb. 1. Zweiröhren-Einkreis-Empfänger AEG 2^{16}.

mit Fünfpol-Kraftendröhre sowie kapazitiver Antennen- und Rückkopplung, die durch einen mit der Abstimmvorrichtung gekuppelten Mitlaufkondensator ausgeglichen werden. Durch diese Bauart kommt man mit Einknopfbedienung für stärker einfallende Sender aus; nur in schwierigen Fällen brauchen Antennen- und Rückkopplung (Feintrenner) nachgestellt zu werden. Ein infolge dreistufiger Ankopplung sehr anpassungsfähiger Doppelsperrkreis ermöglicht ausgezeichneten Fernempfang auch im benachbarten Frequenzbereich stark einfallender Mittel- und Langwellensender.

Von ungefähr gleicher Fernempfangsleistung ist der

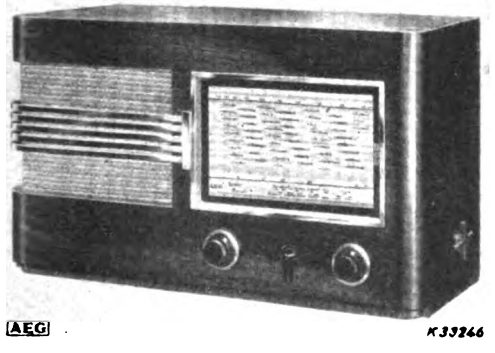


Abb. 2. AEG-Super 4^{46}.

AEG 2 M16, ein preiswerter Zweiröhren-Einkreis-Empfänger mit magnetischem Freischwinger-Lautsprecher hohen Wirkungsgrades. Das Gerät zeichnet sich durch geringen Leistungsverbrauch aus (nur etwa 20 W).

Ein besonders trennscharfer Geradeaus-Empfänger großer Reichweite ist der AEG 3^{26}, ein Dreiröhren-Zweikreiser mit fest eingestellter Feintrennung (Rückkopplung). Diese ist über beide Wellenbereiche so ausgeglichen, daß sie bei Fernempfang im allgemeinen nicht aus der durch eine Rast festgelegten günstigsten Stellung herausgedreht zu werden braucht. Für besonders ungünstige Empfangsgebiete ist ein Einbau-Sperrkreis vorgesehen. Um die Hörbarkeit von Überlagerungstönen zwischen zwei dicht benachbarten Sendern zu verringern, ist eine Sperre für 9-kHz-Pfeiftöne eingebaut.

Ein preiswerter Ueberlagerungsempfänger mit jeder erforderlichen Bedienungsbequemlichkeit ist der AEG Super 4^{56} (Abb. 2), ein Vierröhren-Vollsuper mit fünf Kreisen. Von diesen sind zwei abstimmbar, und zwar diejenigen der Mischstufe; die übrigen drei sind auf die Zwischenfrequenz fest eingestellt. Als ausgesprochener Fernempfänger meistert das Gerät bei einfacher Einknopfbedienung durch den Senderwähler auch schwierige Aufgaben. Eine ausreichende Verstärkungsreserve ermöglicht weitgehenden Ausgleich des Empfangschwundes. Zur Unterdrückung von Interferenztönen ist ein auf die Zwischenfrequenz fest eingestellter Saugkreis, für besondere Fälle auch ein zusätzlicher Einbausperrkreis vorgesehen.

Ebenfalls vier Röhren, jedoch sieben Kreise hat der AEG Groß-Super 4^{76}. Von den drei der Mischstufe angehörenden abstimmbaren Kreisen sind zwei als Eingangsbandfilter zusammengefaßt. Die vier fest eingestellten Kreise bilden die beiden Zwischenfrequenz-Bandfilter. Der AEG Groß-Super 4^{76} ist mit einem Schwundausgleich sowie mit einer Stillabstimmung ausgestattet: durch Eindrücken des Abstimmknopfes wird der Niederfrequenzteil zur Unterdrückung des

Abb. 3. AEG-Luxus-Super 6^{96} (Skalenhaube aufgeklappt).

Abstimmgeräusches kurzgeschlossen und darauf der gewünschte Sender unter Beobachtung der Skala und des Abstimmanzeigers (Schattenzeigers) eingestellt. Ferner hat das Gerät einen Kurzwellenteil, einen Bandbreiteschalter, der den jeweiligen Empfangsverhältnissen entsprechend das Frequenzband zur Steigerung von Trennschärfe oder Tongüte enger bzw. breiter einzustellen gestattet, einen tonausgeglichenen Lautstärkeregler und einen verbesserten Klangfarbenregler mit steilem Abfall nach hohen Tonfrequenzen.

Den höchsten Ansprüchen wird der AEG Luxus-Super 6^{96} (Abb. 3) gerecht. Dieser Empfänger mit sechs Verstärkerröhren hat neun Kreise. Von diesen sind das Eingangsbandfilter und der Oszillatorkreis abstimmbar; die übrigen sechs sind zu Bandfiltern zusammengefaßt und auf die Zwischenfrequenz fest eingestellt. Veränderliche Bandbreite, weitgehender Schwundausgleich, tonausgeglichene Lautstärke-, verbesserte Klangfarbenreglung und Stilleinstellung sind für dieses Spitzengerät selbstverständliche Ausstattungsmittel. Zur bequemeren Abstimmung, vor allem der Kurzwellensender, dient außer einem Schnell- auch ein Feinantrieb.

Alle Geräte sind in akustisch ausgeglichenen, formschönen Flachbau-Gehäusen untergebracht. Lautsprecher- und Skalenöffnungen der meisten Gehäuse sind durch Leisten aus Hydronalium, einem hochglänzenden Metall (Aluminiumlegierung), eingefaßt, dass einen vollen Glanz ständig beibehält.

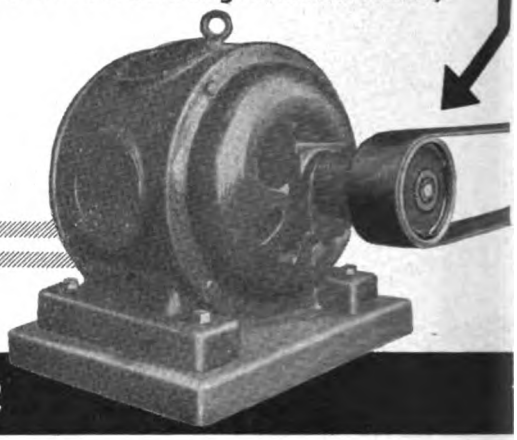
Digitized by Google

ALBO-KNORR
Anlaßeinrichtung

Selbsttätiges elektrisches Schaltgerät
Selbsttätige mechanische Anlaßkupplung

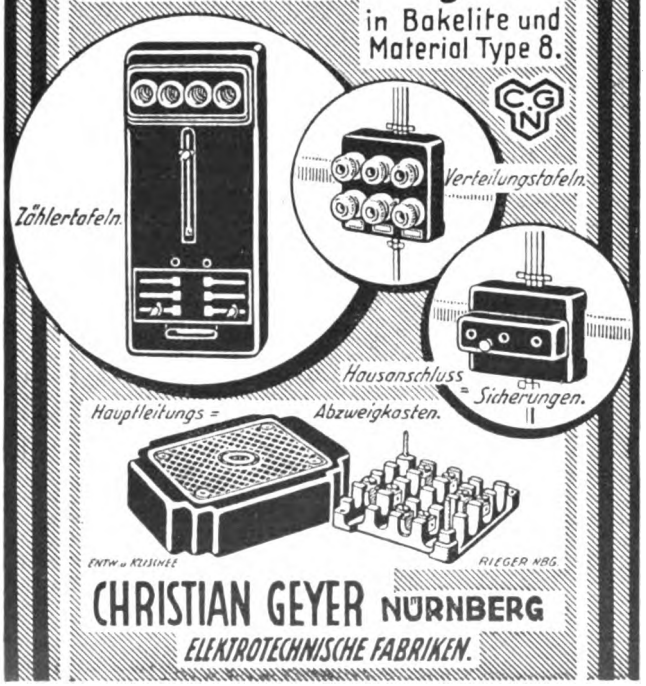
Diese beiden bringen einen völlig neuen Stand der Anlaßtechnik: sie ermöglichen, den klassischen Käfigankermotor ohne Antasten seines Leistungsfaktors und Wirkungsgrades anzulassen, bei wirklich kleinem Anlaufstrom, unabhängig von der Lastschwere und unabhängig von der Bedienung in einem bisher nicht gekannten Ausmaß.

Preisgünstig,
weil Massenherstellung in Fertigguß-, Preß- und Ziehtechnik.



KNORR-BREMSE A-G BERLIN O 112

GEYER
Isolierstoff-Erzeugnisse
in Bakelite und Material Type 8.



CHRISTIAN GEYER NÜRNBERG
ELEKTROTECHNISCHE FABRIKEN.

Bulla-Material

Schoeller & Co. elektrot. Fabrik GmbH. Frankfurt a. M.-Süd

Digitized by Google

Feuchtluft-Ventilatoren zur Verbesserung der Luft in Wohnräumen.

Mitteilung der AEG.

Wenn im Winter die Temperatur der Wohnraumluft wesentlich höher ist als die Außentemperatur, so entsteht in zentralgeheizten Zimmern übermäßig trockene Luft, die zur Schädigung der Atmungsorgane führen kann. Die empfindlichen Schleimhäute in Nase, Rachen,

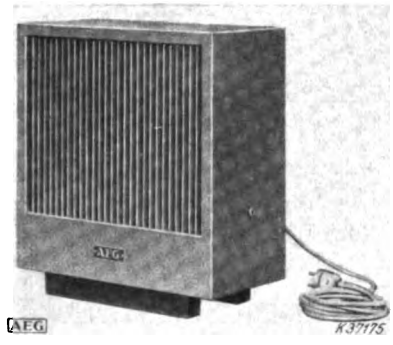


Abb. 1. AEG-Feuchtluftventilator. Vorderansicht.

Kehlkopf und in den oberen Teilen der Luftröhre können ihre Aufgabe, Staubteilchen, Bakterien und dergleichen aufzuhalten bzw. wieder aus dem Körper hinauszubefördern, nur erfüllen, wenn die eingeatmete Luft einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt hat; andernfalls erleiden sie durch dauernde Trockenheit starke Schädigungen.

Die bisherigen Versuche, den Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Wohnräumen durch Aufstellen von Flüssigkeitsbehältern am Ofen bzw. über der Heizung zu erhöhen, hatten nicht den gewünschten Erfolg. Die beste Wirkung wird erzielt, wenn Wasserdampf ohne Aufwand von zusätzlicher Wärme der Zimmerluft in gleichmäßiger Verteilung beigemengt wird. Diese Aufgabe löst der AEG-Feuchtluft-Ventilator (Abb. 1) in einwandfreier Weise. Das Gerät besteht aus einem Wasserbehälter, einem Einsatz mit Saugtafeln aus Fließpapier (Abb. 2) und aus einem Schutzkasten mit eingebautem Lüfter

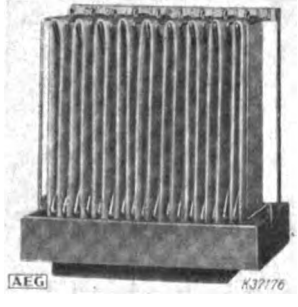


Abb. 2. Wasserbehälter mit Saugtafeln.

(Abb. 3), der die schnelle Verdunstung des vom Fließpapier angesaugten Wassers bewirkt. Zum Nachfüllen des Wassers während des Betriebes ist an der Rückwand des Wasserbehälters ein Einguß angebracht.

Die Fließpapiertafeln hängen lose auf den Drähten des Gestelles und lassen sich bequem herausnehmen und ersetzen, wenn sie nach längerer Betriebszeit verschmutzt sein sollten. Zum Auswechseln der Fließpapiertafeln drückt man die in den Seitenwänden befindlichen Knöpfe herunter und hebt den Schutzkasten mit dem Lüfter vom Unterteil ab. Alle mit Wasser in Berührung kommenden Teile sind bequem zugänglich; ferner sind die Saugtafeln leicht auswechselbar, so daß der Feuchtluft-Ventilator stets in gesundheitlich einwandfreiem Zustand gehalten werden kann.

Das Gerät verdunstet bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30% und bei 20° C Raumtemperatur über 300 g Wasser je Stunde. Das Wasser muß, wenn das Gerät dauernd eingeschaltet bleibt, etwa alle acht Stunden nachgefüllt werden. Bei sehr trockener Luft und hoher Temperatur verdunstet das Wasser im Gerät rascher; die Verdunstungsmenge paßt sich also in gewissen Grenzen dem Feuchtigkeitsbedarf der Luft an.

Der Antriebsmotor des Lüfters ist ein kleiner Einphasen-Induktionsmotor, ein sogenannter Ferraris-

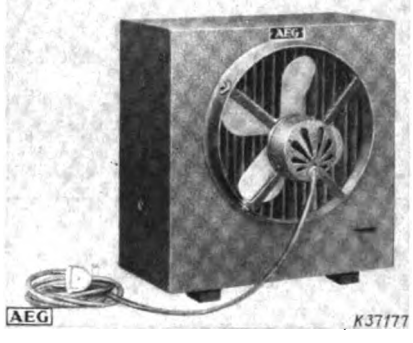


Abb. 3. AEG-Feuchtluftventilator. Rückansicht.

Motor ohne Kommutator und Bürsten; er hat also keinerlei Teile, die der Abnutzung unterliegen und kann auch keine Rundfunkstörungen verursachen. Er wird durch Schnur und Stecker an die Lichtleitung angeschlossen.

Der Feuchtluft-Ventilator ist überall zu empfehlen, wo über zu große Lufttrockenheit geklagt wird, also in Wohn- und Kinderzimmern, in Büroräumen und Wartezimmern, sowie in kleineren Versammlungsräumen, insbesondere während der Übergangszeit, in der Räume mit Zentralheizung leicht überheizt werden. Im Sommer bei heißem, trockenem Wetter erzeugt der Lüfter eine angenehme Kühlwirkung und erleichtert das Arbeiten der Atmungsorgane. Tabakrauch, sowie Staubteilchen werden auf den feuchten Flächen des Fließpapiers niedergeschlagen; damit trägt das Gerät zur Luftreinigung bei. In Krankensälen, Sanatorien und Lungenheilstätten ist es zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit unentbehrlich.

Fügt man dem Wasser leicht lösliche aromatische Essenzen (Lavendel, Tannenduft) bei, so wird gleichzeitig eine angenehme Luftverbesserung erzielt.

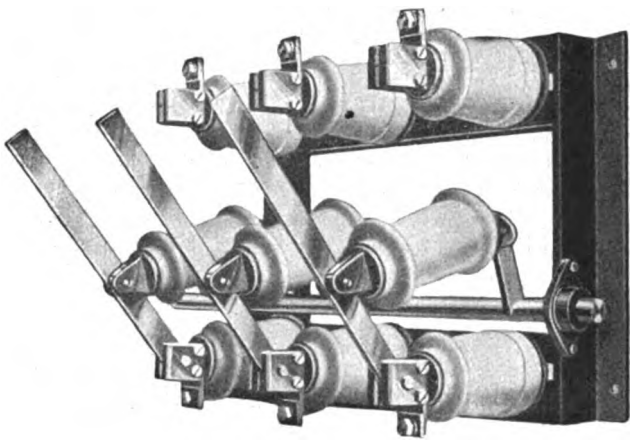
Das Gerät ist vorläufig nur für Wechselstrom entwickelt worden. Sein Stromverbrauch beträgt nur etwa 18 W.

Digitized by Google

LINDNER

Raumsparende **TRENNSCHALTER**

Neukonstruktion 1934



Stabiles Kontaktsystem
Kittiose Isolatoren
Rahmen und Kurbeln aus elektr. verschweißten Flußstahlprofilen

Lindner u. Co.
Inh.: Kurt Lindner
Jecha-Sondershausen
Hochspannungs-Isolatoren und Apparate — Porzellanfabrik

VDE-VORSCHRIFTEN IN FREMDEN SPRACHEN

Prescripções da VDE publicadas em portuguez:

1013 Prescripções com regras de execução para o serviço de installações de corrente intensa V.B.S., VDE 0105/1932 ..... RM 1.40

1014 Directrizes para a consideração de installações electricas na execução de construcções, VDE 0125/1932 ..... RM 0.70

1021 Prescripções com regras de execução para a erecção de installações de corrente intensa com tensões de serviço abaixo de 1000 V, V.E.S. 1, VDE 0100/1934 ..... RM 1.40

1022 Prescripções com regras de execução para a erecção de installações de corrente intensa com tensões de serviço de 1000 V e mais V.E.S. 2, VDE 0101/1934 ..... RM 1.40

1023 Directrizes para o coefficiente de segurança electrica em installações de corrente intensa com tensões de serviço de 1000 V e mais L.S.G., VDE 0111/1932..... RM 0.70

Prescripciones de la VDE publicadas en español:

2001 Reglas para la valorización y el ensayo de máquinas eléctricas R.E.M., VDE 0530/1934 .. RM 1.40

2002 Reglas para la valorización y el ensayo de transformadores R.E.T., VDE 0532/1934 ..... RM 1.40

2009 Reglas para tranformadores de medida R.E.W., VDE 0414/1932 ..... RM 1.40

2010 Reglas para contadores eléctricos R.E.Z., VDE 0418/1932 ..... RM 1.40

2010a Reglas para contadores eléctricos R.E.Z. (Suplemento), VDE 0418/1932 (Anhang) ..... RM 0.70

2013 Prescripciones y reglas de ejecución para e servicio de instalaciones de corriente industrial V.B.S., VDE 0105/1932 ..... RM 1.40

2014 Instrucciones sobre instalaciones eléctricas que deben tenerse en cuenta al construir edificios, VDE 0125/1932 ..... RM 0.70

2015 Reglas para la valorización y ensayo de máquinas eléctricas y transformadores en vehículos de ferrocarriles y otras clases R.E.B., VDE 0535/1930 RM 1.40

Prescriptions of the VDE published in English:

3001 Standards for the Classification and Testing of Electrical Machines R.E.M., VDE 0530/1934 RM 1.40

3002 Standards for the Classification and Testing of Transformers R.E.T., VDE 0532/1934 .... RM 1.40

3009 Rules for Instrument Transformers R.E.W., VDE 0414/1932 ..... RM 1.40

3010 Rules for Electricity Meters R.E.Z., VDE 0418/1932 ..... RM 1.40

3010a Rules for Electricity Meters R.E.Z., (Supplement) VDE 0418/1932 (Anhang) ..... RM 0.70

3025 Directions for the Testing of Pressboard, VDE 0315/1935 ..... RM 0.70

Prescriptions de la VDE publiées en français:

4001 Règles pour l'appréciation et les essais des Machines Electriques R.E.M., VDE 0530/1934 RM 1.40

4002 Règles pour l'appréciation et les essais des Transformateurs R.E.T., VDE 0532/1934 ..... RM 1.40

VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER, Verlagsabteilung, Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus

Digitized by Google

Isolierstoffgekapselte Geräte und Anlagen der Bauform J.

Mitteilung der AEG.

Isolierstoffgekapselte Geräte für Einzelanbringung, z. B. druckknopfbetätigte Schaltkasten mit eingebauten Sicherungen, Motorschutz-Luftschalter, Motorschutz-Oelschalter u. a. m., werden von der AEG bereits seit längerer Zeit geliefert. Diese Geräte haben sich bis jetzt sämtlich gut bewährt. Ihre formschönen, dunkelbraunen Gehäuse haben eine betriebsmäßig vollkommen ausreichende Festigkeit; sie sind gegen das Eindringen von Staub und Spritz- bzw. Tropfwasser abgedichtet.

Seit etwa einem Jahr hat die AEG zur Vervollständigung eine ganze Reihe weiterer Einzelgeräte entwickelt, die auch mit isolierstoffgekapselten Schalt- und Verteilungsanlagen zusammengebaut werden können*). Hierzu gehören Sicherungskasten für Stöpselpatronen und für Hochleistungs-Steckpatronen mit abnehmbarem Griff bis 200 A; die Geräte für Stöpselpatronen werden auch als Abzweigsicherungskasten für zwei Stromkreise bis 60 A hergestellt. Ferner sind zu erwähnen: Schaltkasten mit eingebauten Sicherungen bis 25 A und für Trennschalter mit gemeinsamer Schalttraverse bis 200 A, Verteilungskasten ohne und mit eingebauten Drehschaltern, Meßgerätekasten für Strom- und Spannungsmesser, Zähler und Stromwandler, schließlich Sammelschienenkasten mit einheitlichem Seitenflansch und durchgehenden Rundkupfer-Sammelschienen für den Zusammenbau.

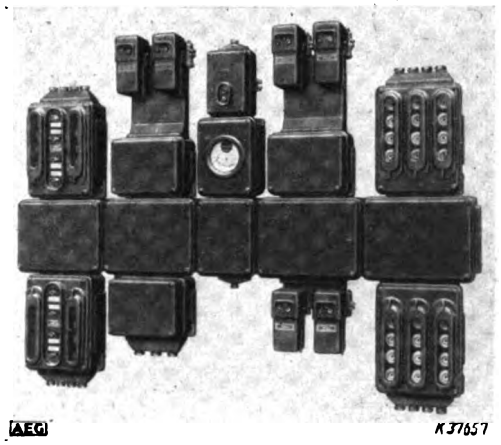


Abb. 1. Isolierstoffgekapselte Anlage, geschlossen.

Von diesen Geräten kommen für Einzelanbringung vor allem die Verteilungskasten in Betracht. Die Kasten ohne eingebaute Schalter haben zwölf Sicherungselemente; außerdem sind Kasten mit acht Sicherungselementen und vier eingebauten Paketschaltern lieferbar. In die Sicherungselemente können Sicherungen oder Elfa-Automaten eingeschraubt werden. Bei Bedarf lassen sich mehrere Verteilungskasten unmittelbar zusammenbauen; ferner kann auf jeden Verteilungskasten ein Schaltkasten mit eingebauten Paketschaltern aufgebaut werden. Die Verteilungskasten können somit für Licht- und Kraftverteilungen aller Art bis 25 A verwendet werden. Alle Schalter sind dabei von außen zu betätigen. Die Sicherungen bzw. Elfa-Automaten sind ebenfalls von außen sichtbar und leicht zugänglich; trotzdem entsprechen die Verteilungskasten der Schutzart P 44 nach DIN VDE 50.

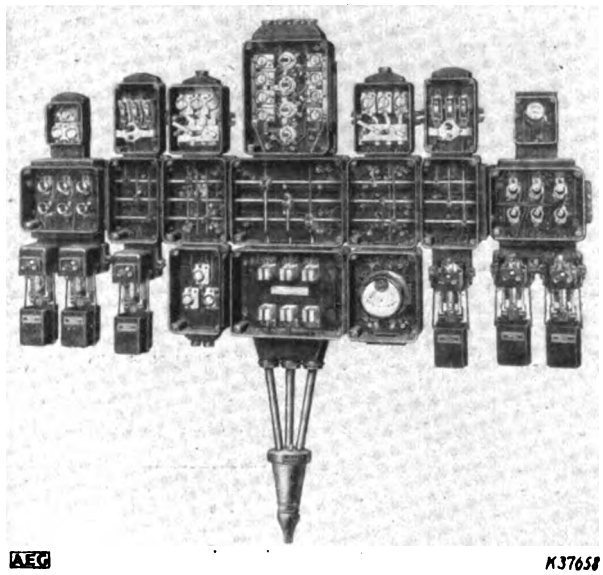


Abb. 2. Isolierstoffgekapselte Anlage, geöffnet.

Bei dem Zusammenbau zu Anlagen wird zwischen je zwei Kasten eine Dichtungsplatte gelegt, die gleichzeitig Verwindungen bei der Anbringung der Anlage ausgleicht. Die Sammelschienenklemmen sind für den gleichzeitigen Anschluß von zwei verschieden starken Leitungen bemessen. Der Leitungsanschluß erfolgt an den Sammelschienen ebenso wie an den Geräteklemmen ohne Kabelschuhe.

Isolierstoffgekapselte Geräte und Anlagen (Abb. 1 u. 2) werden vor allem dort verwendet, wo man Personen gegen zu hohe Berührungsspannungen besonders schützen will, ferner an solchen Stellen, an denen erfahrungsgemäß keine großen mechanischen Beanspruchungen auftreten und wo das gute Aussehen der Anlage eine Rolle spielt, z. B. in Geschäfts-, Büro- und Lagerräumen, Handwerksbetrieben, Laboratorien usw. Die Geräte haben auch eine verhältnismäßig hohe Festigkeit gegen chemische Einflüsse, solange sie nicht stark konzentrierten Säuredämpfen oder der Einwirkung von Salpetersäure, Natron- oder Kalilauge ausgesetzt werden. Bei der Anbringung im Freien ist ein Regenschutz zweckmäßig.

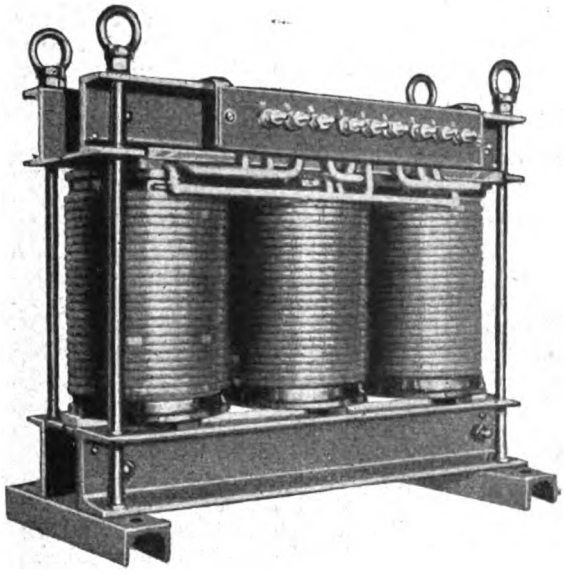
Die isolierstoffgekapselte Bauform J der AEG bietet eine Reihe von Vorteilen. Neben der großen Betriebssicherheit sind vor allem zu nennen: die kleinen Abmessungen, das geringe Gewicht, das eine Anbringung auch an leichten Wänden zuläßt, die große Festigkeit der Gehäuse und die leichte Auswechselbarkeit bzw. die einfache Lagerhaltung. Die Festigkeit der Gehäuse wird durch Gewebeeinlagen in den Kastenböden, Verstärkungsrippen und zweckmäßige Formgebung erreicht. Die leichte Auswechselbarkeit wurde durch die Schaffung von drei Einheitsgehäusen mit nur zwei Flanschgrößen erreicht und dadurch, daß mit Hilfe einer Reihe von eingepreßten Muttern in den gleichen Kasten verschiedenartige Einsätze eingebaut werden können. Für den Einbau werden, soweit möglich, die gleichen Einsätze verwendet, die auch für den Einbau in die gußgekapselte Bauform U**) vorgesehen sind. Dadurch wird auch die Lagerhaltung verbilligt.

Bei der Gestaltung der Einzelgehäuse wie der Anlagen wurde nicht nur auf Zweckmäßigkeit, sondern in besonderem Maße auch auf Schönheit der Form und Farbe geachtet.

*) s. auch AEG-Druckschriften Sa/V 60 und Sa/V 1506.

**) s. auch AEG-Druckschrift Sa/V 50, Teil II.

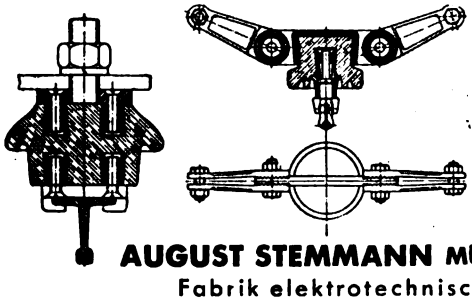
Digitized by Google



Leistungs-Transformatoren
Prüf-Transformatoren
Gleichrichter-Transformatoren
Stufen-Transformatoren
Spezial-Drosselspulen für
Gleich- und Wechselstrom
Spezial-Transformatoren

GÖRLER
TRANSFORMATORENFABRIK GmbH
Berlin-Charlottenburg 1 · Tegeler Weg 28-33

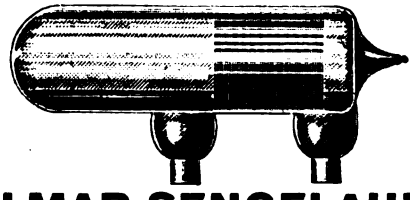
ISOLATOREN DRP Bewährte kittlose Konstruktion
Stromabnehmer und Materialien für Kranschleifleitungen und Bahn-Oberleitungen



Ausführliche Listen auf Anfrage

AUGUST STEMMANN MÜNSTER i. W.
Fabrik elektrotechnischer Artikel

QUECKSILBER-Schaltröhren
in jeder Form und Größe



HILMAR SENGELAUB
Berlin-Oberschöneweide

Neuberger Meßinstrumente
Präzisions-Drehspul-Vielfachtypen PA u. PAW

mit 7 bzw. 8 Meßbereichen. Alle Widerstände sind eingebaut, dadurch vereinfachte Handhabung. Niederer Preis. 500 Ohm/Volt.
Weitere Erzeugnisse:
Wechselstrom-Einphasenzähler
Type WK. Beste elektrische u. mechanische Eigenschaften 167
Schalttafel-Einbau- und Aufbau-Meßinstrumente
bis 225 mm ⌀. Ohmmeter
Gegr. 1904 Fabrik elektrischer Meßinstrumente
Josef Neuberger, München T 25, Steinerstr. 16

WIDERSTANDSMATERIAL:
Coo
FÜR TEMPERATUREN BIS 1170°
MEGAPYR
FÜR TEMPERATUREN BIS 1300°
2 BEGRIFFE
FÜR HÖCHSTE QUALITÄT
HERAEUS VACUUM-SCHMELZE A.G. HANAU

Digitized by Google

Geräuschlose Elektromotoren.

Mitteilung der AEG.

Die Ansprüche an die Geräuschlosigkeit elektrischer Antriebsmotoren sind in den letzten Jahren ständig gewachsen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der elektrische Antrieb in steigendem Maße in den gewerblichen Betrieben, in Büros, in der Landwirtschaft und im Haushalt Eingang gefunden hat, also meist in Räumen, in denen eine Störung durch Geräusch vermieden werden muß.

Selbstverständlich hat die Elektroindustrie sich schon stets bemüht, ihre Maschinen so zu bauen, daß sie möglichst geräuschlos arbeiten. So hat z. B. die AEG durch zahlreiche praktische und theoretische Untersuchungen für die einzelnen Größen und Polzahlen ihrer Drehstrommotoren das jeweilig günstigste Nutenverhältnis für Ständer- und Läuferblechpaket ermittelt und beim Bau ihrer Motoren angewandt. Bei außergewöhnlichen Ansprüchen an Geräuschlosigkeit wurden Sondermaßnahmen vorgesehen; so wurde der Luftspalt zwischen Ständer und Läufer vergrößert, die Ständer und Läufernuten gegeneinander verschränkt usw.

Während die Luftschallgeräusche gewöhnlich auf den Maschinenraum beschränkt bleiben, pflanzen sich die Schwingungen der ganzen Maschine als Körperschall über das Maschinen-Fundament, etwaige Rohrleitungen oder dgl. fort und bilden so die eigentliche Störungsursache.

Die weiteren Untersuchungen ergaben als Ursache dieser Körperschallerscheinungen Schüttelschwingungen der Motoren, die durch Zusammenwirken der Ständer- und Läuferdrehfelder entstehen. Hierbei handelt es sich aber nicht um die normalen Grunddrehfelder der Motoren, die das Nutzdrehmoment erzeugen, sondern um Oberfelder verschiedener Ordnungszahlen, die teils zur Bildung von Pendelmomenten führen, teils wechselnde radiale Zugkräfte zwischen Ständer und Läufer zur Folge haben.

Es ist der AEG gelungen, Drehstrommotoren mit einem als Staffelläufer bezeichneten Sonderläufer zu entwickeln, bei der die Entstehung derartiger Oberfelder vermieden bzw. ihre Auswirkungen unterdrückt wird.

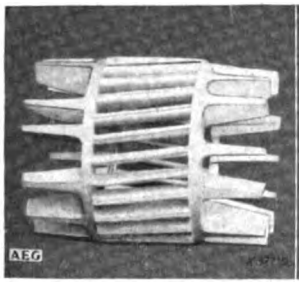


Abb. 1. Drehstrom-Läuferkäfig mit normal geschränkten Läuferstäben*).

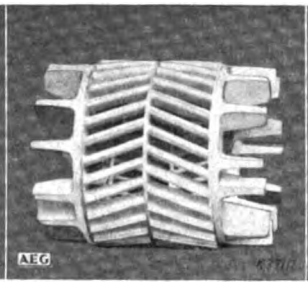


Abb. 2. Drehstrom-Läuferkäfig aus einem Käfigläufer mit zwei gestaffelten Läufer-Blechpaketen für kleinste Leistungen*).

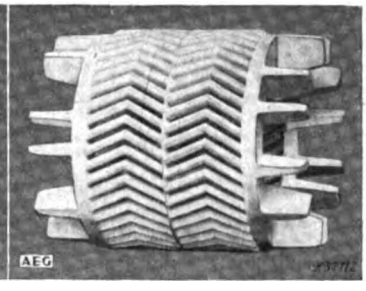


Abb. 3. Drehstrom-Läuferkäfig aus einem Käfigläufer mit vier gestaffelten Läuferpaketen für größere Leistungen*).

*) Die Blechpakete sind in einem Säurebad weggebeizt.

Alle diese Maßnahmen setzten tatsächlich das Motorgeräusch herab; sie hatten aber anderseits eine Reihe von Nachteilen im Gefolge, z. B. Verschlechterung des Leistungsfaktors und des Wirkungsgrades der Motoren sowie eine Verringerung ihrer Überlastungsfähigkeit und des Anzugmomentes. Da diese Nachteile selbstverständlich nur innerhalb bestimmter Grenzen tragbar waren, mußte in jedem Einzelfall zwischen dem noch zulässigen Motorgeräusch und der durch die Sonderauslegung bedingten anderweitigen Verschlechterung der Motoren ein Ausgleich gefunden werden. Die nach solchen Gesichtspunkten gebauten geräuscharmen Motoren sind außerdem verhältnismäßig teuer, da für eine bestimmte Motorleistung stets größere Maschinenmodelle verwendet werden müssen. Auf diesen Wegen war daher eine endgültige Lösung der Geräuschfrage elektrischer Maschinen nicht zu erwarten.

Um bessere Verfahren zu finden, erforschte die AEG zunächst die einzelnen, beim Anfahren und im Betriebe eines Motors auftretenden Geräusche auf ihre Ursache hin und suchte dann Mittel und Wege, um die festgestellten Geräuschursachen zu beseitigen.

Bei diesen Untersuchungen ergab sich nun zunächst eine Unterscheidung zwischen einer Geräuschbildung, die durch einzelne Maschinenteile, z. B. die Lüfterflügel, verursacht wird und die sich nur als Luftschall auswirkt, und anderseits Geräuschen, die durch Schwingungen der ganzen Maschine verursacht werden.

Die Besonderheit des Staffelläufers besteht darin, daß er im Gegensatz zu den üblichen Käfigläufermotoren (Abb. 1) bei den kleineren Bauformen aus zwei, bei den größeren aus vier nebeneinander angeordneten Teilläufern (Abb. 2 und 3) zusammengesetzt ist, die „gestaffelt" auf die Welle aufgebracht werden. Zwischen den Teilblechpaketen ist in der Mitte ein zusätzlicher Kurzschlußring angeordnet, so daß die Läufer also drei Kurzschlußringe haben, wobei an die beiden äußeren Ringe in üblicher Weise die Lüfterflügel angegossen sind.

Die Bauweise der neuen Staffelläufermotoren ist erst durch Anwendung des Spritzgußverfahrens für die Läuferwicklungen möglich gewesen, das von der AEG heute für Käfigankermotoren bis etwa 50 PS Leistung fast durchweg angewandt wird.

Werden besonders hohe Ansprüche bezüglich Geräuscharmut gestellt, so werden die Motoren mit Gleitlagern statt der üblichen Wälzlager ausgerüstet; außerdem werden noch einige zusätzliche Vorkehrungen getroffen, um sowohl das magnetische als auch das mechanische Geräusch weitestmöglich zu unterdrücken. Diese Maßnahmen setzen allerdings auch die Leistung etwas herab und zwar bei den kleinsten Motorformen um etwa 15%, bei den größeren um etwa 10% gegenüber den Leistungen der listenmäßigen Ausführungen; das Anzugmoment und das Kippmoment ist jedoch kaum geringer als bei diesen.

Digitized by Google

AEG

Starkstromkabel, Kabelnetze

Ölkabel für Spannungen bis 220 kV • Kabeltemperaturüberwachung • Gleichstrommeßeinrichtung für Bleimäntelströme • Kittlose Endverschlüsse für Kabel bis 220 kV • Isolierpreßstoff-Kleinendverschlüsse „Isoklein" bis 20 kV

Fernmeldekabel, Kabelnetze

Pupinspulen • Fernsprechverstärker • Übertrager • Zubehör für Fernmeldekabel • Meßgeräte für die Fernmeldetechnik

Blankes Leitungsmaterial

Drähte • Seile • Hohlseile für Höchstspannungen • Sammelschienen • Segmente • Schienenverbinder • Oberleitungen für Bahnen • Stahl-Aluminium-Fahrdraht

Isolierte Leitungen

Feuchtraumleitungen • Flexostecker und -schnüre (DRP) • Leuchtröhrenleitungen • Apyroldraht für hochbeanspruchte Wicklungen • Dynamodraht mit Papier- und Kunstseidebespinnung • AEG-Handbiege-Rohrdraht NRAz

Gummifabrikate

Isolatoren f. Bahnoberleitungen • Isolierband • Griffe u. Haltestangen f. Fahrzeuge

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

Anfragen an die AEG-Büros erbeten

Kraft-Druckknopf-Walzen-Schalter

mit und ohne Motorschutz
für 1 und 2 Drehrichtungen

Mitteldeutsche Schaltapparate-Gesellschaft m. b. H.
Eisenach-7

Digitized by Google

Fernsprech-Verstärkerstelle Bauart 1935.

Mitteilung der AEG.

Der Betrieb von Verstärkern der üblichen Bauart in Fernsprechverbindungen, die nur wenige Leitungen umfassen, macht zumeist gewisse Schwierigkeiten. Diese bestehen einesteils darin, daß die Verstärker gewöhnlich nur in allgemeinen Betriebsräumen neben anderen Einrichtungen, beispielsweise Vermittlungsschränken und dgl. untergebracht werden können, was vielfach unzweckmäßig ist. Anderseits ist eine ständige Ueberwachung erforderlich, für die das Personal des Fernsprechdienstes nicht immer vorgebildet ist. Daher müssen für Anlagen

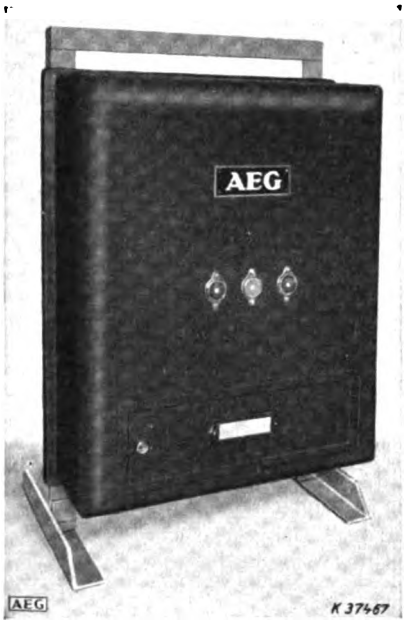


Abb. 1. Fernsprech-Verstärkerstelle Bauart 35.

geringeren Umfangs Verstärkereinrichtungen vorgesehen werden, die den neuzeitlichen Uebertragungsbedingungen in gleichem Maße entsprechen wie diejenigen der großen Fernverkehrsanlagen, jedoch in bezug auf die Handhabung wesentlich vereinfacht sind.

Dieser Forderung entspricht die in Abb. 1 dargestellte AEG-Verstärkerstelle 35, deren wesentlicher Grundgedanke neben anderen Vereinfachungen darin besteht, daß die Ueberwachung der Betriebsbereitschaft und die Störungsanzeige durch die gleichen Organe selbsttätig erfolgen. Die selbsttätige Ueberwachung bewirken Relais im Anodenstromkreis, mit deren Hilfe festgestellt wird, ob der Anodenruhestrom festgelegte Grenzwerte nach der einen oder der anderen Seite überschreitet. In jedem einzelnen der beiden Anodenkreise sind Relais vorgesehen, deren Anker angezogen bleiben, solange der betriebsmäßige Anodenstrom fließt. Bei Schwächung infolge Absinkens der Netzspannung oder unzulässiger Ableitungen im Anodenkreis, ferner bei seinem Ausfall, beispielsweise beim Durchbrennen des Heizfadens, fallen die Anker ab und schließen Meldestromkreise. Das Aufleuchten einer roten Lampe zeigt den Fehler an; gleichzeitig ertönt der von einer besonderen Batterie gespeiste Wecker. Außerdem wird über Kontakte eines Hilfsrelais die Fernleitung auf eine Verstärker-Umgehungsleitung gelegt, so daß auch bei außer Betrieb gesetztem Verstärker der Sprechverkehr, wenn auch unverstärkt, durchgeführt werden kann. Die gleiche Umlegung tritt ein, wenn der Netzstrom ausfällt. In diesem Falle kommt das hörbare ohne das begleitende sichtbare Störungszeichen.

Beim Absinken der Gitterspannung, ferner beim Auftreten von Schlüssen im Anodenkreis, etwa infolge von Fehlern im Kondensator, steigt der Anodenstrom über einen Betriebsgrenzwert an. Das bisher zwar vom Strom durchflossene, aber noch nicht bis zum Ankeranzug erregte Relais, das in der gemeinsamen Zuleitung beider Anodenkreise liegt, wird zum Ansprechen gebracht und löst wiederum ein sichtbares — grünes Licht — und ein hörbares Störungszeichen aus. Es setzt ebenfalls durch Unterbrechen des Heizkreises den Verstärker außer Betrieb und legt die Fernleitung auf den Umgehungsweg.

Wenn keine der genannten Fehlerursachen vorhanden ist, gibt eine weiße Lampe die Betriebsbereitschaft der Verstärkerröhren zu erkennen.

Die dauernde Ueberwachung der Anodenstromstärke durch die Relais macht die sonst üblichen Strom- und Spannungsmessungen entbehrlich. Die Unterscheidung der Fehler zwischen solchen, die mit einem Absinken und solchen, die mit einem Ansteigen des Anodenstromes verbunden sind, gibt außerdem einen Hinweis auf die Art der Störungsursache und läßt erkennen, ob zur Behebung das anwesende, nur mit den äußeren Handgriffen vertraute Personal ausreicht oder ob der fachmännische Ueberwachungsbeamte herbeigerufen werden muß.

Unabhängig von den üblichen Verstärkungsmessungen, welche die überwachende Dienststelle vornimmt, kann die Verstärkungsgüte dadurch festgestellt werden, daß durch einen Schalter ein hochohmiger Hörer an den Ein- oder Ausgang des Verstärkers gelegt wird und dadurch ein über die Leitung geführtes Gespräch auf der einen Seite verstärkt, auf der anderen unverstärkt abgehört werden kann. Ein anderer Schalter gestattet, den Hörer unter Abtrennung der Leitung vor den Verstärker zu legen.

Den Aufbau der Verstärkerstelle zeigt Abb. 2. Die Schaltelemente, einschließlich derjenigen für die

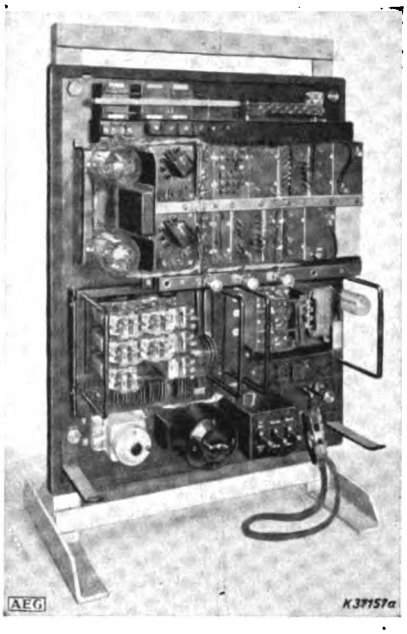


Abb. 2. Aufbau der Verstärkerstelle.

Leitungs-Nachbildungen, sind auf einer Aufbauplatte angebracht. Oben befinden sich die Nachbildungen, dann folgen die beiden Verstärkerhälften. Unter dem Streifen mit den Meldelampen und den Anschlußklinken sind der Relaissatz und das Netzanschlußgerät angeordnet, die beide auf besonderer Platte über Schneidenkontakte mit der Grundplatte verbunden sind. Am unteren Ende haben Sicherungsautomat, Hauptschalter und Hörer ihren Platz; eine verschließbare Tür im Gehäuse gestattet den Zugang zu diesen Teilen.

Digitized by Google

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort portofrei zurückzusenden.

Die Stellungsuchenden weisen wir darauf hin, daß es zweckmäßig ist, den Bewerbungen auf Chiffre-Anzeigen keine Originalzeugnisse beizufügen. Zeugnisabschriften, Lichtbilder usw. müssen Namen u. Anschrift des Bewerbers tragen.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Stellengesuche

Elektro-Ingenieur (VDE)

31, sucht seinen Kenntn. u. Erfahr. entspr. neuen Wirkungskr. Reiche Praxis in Hoch- u. Niederspngltg., Licht- u. Kraftanlg. Trafostat., EW-Betrieb (Diesel, Dampf, Heizerpr.), Montageltg., techn. u. kaufm. Betriebsstelltg., Tarife, Werbung, Schiffskomd.-Anl., Bordmontage, Führersch. 1 u. 3. Zuverl. m. best. Zeugn. u. Referenz. Ang. u. E. 7660 an die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9

Deutsch-spanischer Flüchtling

sucht Stellung als Verkaufschef, Verkäufer, Reisender usw. für und mit folg. Kenntnissen, im gesamten Elektromaterial, Motoren, Glühlampen, Haushaltungsartikeln, Radio, Rayos X, Kühlschränken, vollautom. Öl- u. Kohlenbrennern für Heizung und Industrie. Lebenslauf und spanische Zeugnisse stehen zur Verfüg. Ang. u. E. 7658 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9

Hochspannung, Starkstrom, Röntgen

hervorr. Fachm., Ing., Arier, zielbewußt, ideenreich, guter Theor. u. Prakt., Hochsp.-, Prüf- u. Versuchsf., Labor., Akquis., Montagel., liter. tätig, sucht verantwortungsv. Wirkungskreis. Ang. erbeten unter Z. 12743 an Ala, Berlin W 35. [7631]

Elektro-Industrieofenbau

Dipl.-Ing., 39 Jahre, z. Z. Obering. führender Spezialfirma in leitender, verantwortlicher Stellung, erfolgreicher Verkäufer, erfahren in Entwurf, Konstruktion, Berechnung und Kalkulation, sucht geeigneten neuen Wirkungskreis mit entsprechenden Verdienstmöglichkeiten. Angebote unter E. 7673 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektrokaufmann

mit technischen Kenntnissen, Anfang 40, arisch, Jahrz. in leitender Stellung in größerer Überland-Zentrale und in der Elektro-Großindustrie, Verkauf, z. Z. Leiter eines Eltwerkes, mit sämtlichen vorkommenden Arbeiten (bilanzsicher), Organisation, Stromtarifabschlüsse, Werbefachmann für Elektrowärme, Kundenbehandlung usw. vertraut, wünscht sich zu verändern. Ia Zeugnisse und Referenzen.

Angebote erbeten unter E. 7669 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

In der Elektrizitätswirtschaft sucht aus ungek. Stellg. **Doktorand** (Dissertat. einger.) **mit organisat. u. schöpf. Veranlag., verantwortl. aussichtsr. Wirkungskreis.** $7^1/_2$jähr. ununterbroch. vielseitige **Starkstrom**-Praxis, gute wirtschaftl. Allgemeinbildg., Lehrbefäh., engl. u. frz. Sprachk., lit. Begabung, sichere Umgangsformen, Alter 33 Jahre, Arier, polit. zuverl. beste Zeugnisse. Angebote mit näher. Beding. erbeten unter E. 7651 an die Anz.-Abtlg. der ETZ, Berlin W 9.

Elektroingenieur

Spez. in **Schaltgerätebau und Planung von Hoch- u. Niederspannungs-Anlagen**, $27^1/_2$ J., ar., led., flotter gewissenhafter Arbeiter, 7 J. Werkstattpraxis, 4 J. Ingenieurtätigkeit i. Prüffeld, Offertbüro (Leiter) und als Betriebsingenieur. Allerbeste Zeugnisse und Referenzen, Führerschein Kl. 3, sucht sich sofort zu verändern, verantwortungsvolle Stelle bevorzugt. Angebote unt. E. 7675 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

El.-Monteur

29 J., led., i. mehrjähr. ungek. Stellung bei Großfirma, firm i. d. selbständ. gewissenhaften Ausführung v. Industrieanlagen aller Art, sucht entspr. verantwortungsvollen Wirkungskreis. Off. unter E. 7640 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Anzeigen finden durch die ETZ weiteste Verbreitung!

Sudetendeutscher

Schwachstroming. sucht Stllg. 30 J. alt, Arier, 6 J. Praxis im In- u. Auslands-Büro, Montag., Revision, (Telefon-, Signal-, Radiobranch.) Sprachkenntn.: Englisch, Französ., Čechisch. Gehaltsfrage und Art der Position kein Hindernis. Angeb. erbet. unter **arbeitsfreudig** E. 7662 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Zweigniederlassung großer Elektrizitätsfirma

sucht zum baldigen Eintritt

Diplom-Ingenieur

(Starkstrom-Techniker)

für die Projektierung, Kalkulation und Montage von elektrischen Anlagen im Kohlenbergbau. Bewerber muß Erfahrungen in der Elektrifizierung von Bergbaubetrieben besitzen.

Bewerbungen mit Lichtbild, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen, Angabe der bisherigen Tätigkeit und des frühesten Eintrittstermins erbeten unter E. 7653 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Digitized by Google

Zentralsteuerungen in Industrie-Anlagen.

Mitteilung der AEG.

Die Verbreitung des Einzelantriebes in Industrie-Anlagen hat zu einer großen Zahl der Antriebsmaschinen und Schaltstellen geführt. Um eine gute Übersicht über den Betriebszustand der Anlage zu erhalten, geht man heute mehr und mehr zur Zentralsteuerung über, bei der die Schaltgeräte sämtlicher Einzelantriebe der Anlage von einem Steuerstand aus gesteuert werden. Zweckmäßig werden hier auch die Motorschutzschalter der Einzelantriebe aufgestellt und mit den Betätigungsschaltern, Meldelampen usw. zu einer Schaltwarte vereinigt.

Zu dem Wunsch nach einer Zentralsteuerung und guten Uebersicht über den Betriebszustand der Anlage kommt häufig die Forderung hinzu, daß die Antriebsmaschinen der verschiedenen Einzelantriebe durch einen Zusammenhang des Herstellungsganges voneinander abhängig sind. Es besteht also ein Zwanglauf für die Reihenfolge beim Ein- und Ausschalten. So darf z. B. bei der Kohlenförderanlage eines Elektrizitätswerkes das Lagerplatz-Förderband erst dann eingeschaltet werden, wenn das abfördernde Band, das die Kohle ins Kesselhaus fördert, sowie das Becherwerk im Kesselhaus usw. vorher eingeschaltet wurden. Andernfalls würde eine Fördergutanstauung und damit eine Betriebstörung eintreten.

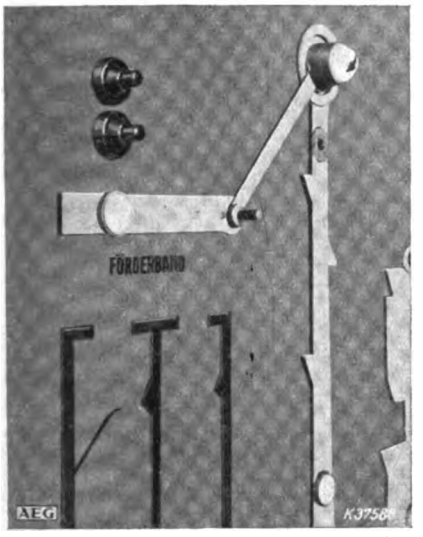


Abb. 1. Ausschnitt aus einem Bandschaltbild.

Insgesamt lassen sich folgende Arbeitsbedingungen für zentrale Schaltwarten in industriellen Anlagen zusammenstellen:

A. Zentralsteuerung von der Schaltwarte aus.

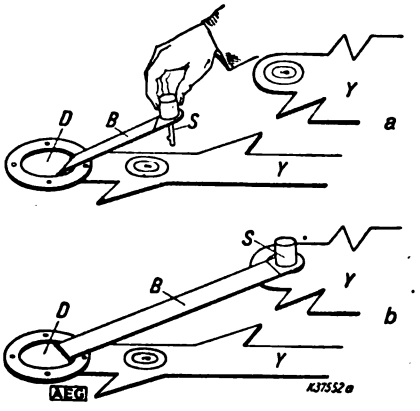
1. Zwanglauf einer Schaltreihenfolge beim Ein- bzw. Ausschalten,
2. Anzeige, welche Motoren zu einem Arbeitsgang in eine Motorgruppe zusammengefaßt sind,
3. Anzeige, welche Antriebe ein- bzw. ausgeschaltet sind,
4. Störungsanzeige beim Ausfallen eines oder mehrerer Antriebe und Kennzeichnung der Störungsstelle,
5. Verriegelung der Antriebe in Abhängigkeit von der Stellung von Klappen, Schiebern usw.,
6. Störungsanzeige beim Verstellen einer Klappe, eines Schiebers usw. während des Betriebes und Kennzeichnung der Störungsstelle,
7. Einschaltung eines Warnzeichens, z. B. einer Hupe, an verschiedenen Punkten in der Anlage, bevor ein Arbeitsgang eingeschaltet werden kann.

B. Einzelschaltung der Antriebe durch örtliche Bedienung.

1. Möglichkeit, bei Gefahr einzelne Motorgruppen durch in der Anlage verteilte Ausschalt-Druckknöpfe stillzusetzen.
2. Möglichkeit, mit Einschalt-Druckknöpfen neben den Antrieben diese einzeln einzuschalten, nachdem durch Entriegelung in der Schaltwarte die Wirksamkeit der Einschalt-Druckknöpfe freigegeben ist.

Diesen Forderungen entsprechen die neuen AEG-Bandschaltbilder in vollem Maße. In dem Bandschaltbild, das aus einer Weiterentwicklung der bekannten Leucht- und Blindschaltbilder entstanden ist, erfolgt die Stromverteilung. Die Motorschutzschalter sämtlicher Antriebe mit den Betätigungsschaltern, Meldelampen usw. sind in einem Schaltgerüst vereinigt, auf dessen Vorderseite das eigentliche Bandschaltbild angebracht ist. In diesem sind die Antriebe der Anlage durch Sinnbilder dargestellt, deren Gesamtanordnung die Industrie-Anlage wiedergibt. Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Bandschaltbild, das für einen Getreidespeicher bestimmt ist. Ueber den Zellen befindet sich das Sinnbild für das Förderband dargestellt, das durch ein Band mit dem Sinnbild des Elevators verbunden ist. Die Betätigung zeigt Abb. 2.

Die Verriegelung bewirkt den Zwanglauf der Schaltreihenfolge sowohl beim Ein- und Ausschalten entsprechend den besonderen Arbeitsbedingungen des Betriebes. Durch Anbringung von Stellungsschaltern an den Klappen, Schiebern usw., die das Fördergut von der einen Arbeitsmaschine zur andern leiten, kann die Stellung der Klappen in die Verriegelung mit einbezogen werden. Eine Entriegelung des Antriebes zum Zwecke der Einzelsteuerung — z. B. bei Ueberholungsarbeiten — durch Betätigung von Druckknöpfen neben den Antrieben ist ebenfalls vorgesehen. Störungen bei Ueberstromauslösung, Verstellen einer Klappe usw. werden in dem Bandschaltbild derart angezeigt, daß die Störungsstelle sofort zu erkennen ist. Gefahrdruckknöpfe, die über die ganze Anlage verteilt sind, ermöglichen jederzeit eine Stillsetzung des Arbeitsganges. Eine Warnanlage dient zur Verständigung zwischen der Schaltwarte und den Bedienungsmannschaften im Betriebe. Zwangläufig wird vor jeder Inbetriebnahme ein Hupenzeichen gegeben, das erst nach einer bestimmten, durch ein Zeitrelais überwachten Zeit den Anlauf des ersten Antriebes gestattet. Die sich hieraus ergebenden elektrischen Aufgaben werden von dem Bandschaltbild mit einfachsten Mitteln gelöst. Der Einbau von Bandschaltbildern vereinfacht die Bedienung und erhöht die Betriebsicherheit. Die bessere Uebersicht über die Anlage erlaubt ein rasches Erkennen und Beheben von Betriebsstörungen und steigert dadurch die Förderleistung. Die Zusammenfassung der Steuergeräte an einer Stelle hat auch betriebstechnische Vorteile in bezug auf Wartung und Schutz der Geräte vor Staub, Verschmutzung usw. Es ist daher zu erwarten, daß die Bandschaltbilder bei der großen Zahl von Anwendungsgebieten, wie z. B. für Getreidespeicher, Mühlen, in Zementfabriken, Zuckerfabriken, Druckereien mit Rotationsmaschinen, chemische Industrie-Anlagen, Bandstraßen, Brikettfabriken, Kohlenwäschen, Kohlenverladeplätze, Erzaufbereitungsanlagen, Kalibergwerken in zunehmendem Maße verwendet werden.



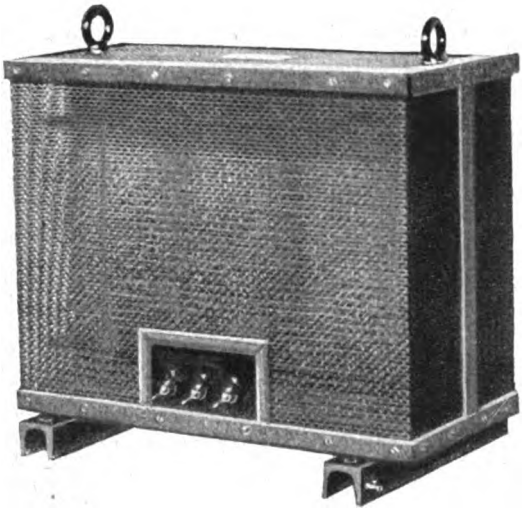
B = Band, S = Bandstecker,
D = Drehdose, Y = Sinnbild.

Abb. 2 a . . . b.
Betätigungsweise des Bandschaltbildes.

2 a. Zum Herstellen einer Schaltverriegelung wird der Stecker aus der Ruhelage herausgezogen. Das Band B tritt aus einer Drehdose D heraus und wird durch eine Aufziehvorrichtung straff gehalten.

2 b. Nach dem Schalten des Bandes zeigt das Bandschaltbild den Weg an, den das Fördergut nimmt.

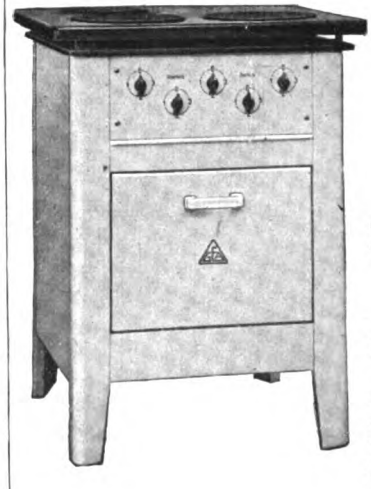
Digitized by Google



Leistungs-Transformatoren
Prüf-Transformatoren
Gleichrichter-Transformatoren
Stufen-Transformatoren
Spezial-Drosselspulen für
Gleich- und Wechselstrom
Spezial-Transformatoren

GÖRLER
TRANSFORMATORENFABRIK GmbH
Berlin-Charlottenburg 1 · Tegeler Weg 28-33

Eine Höchstleistung
in Qualität
und Formgebung



sind die neuen

Elektroherd-Modelle der „Stilherd"

auch in komb. Ausführung Elektrisch – Kohle lieferbar

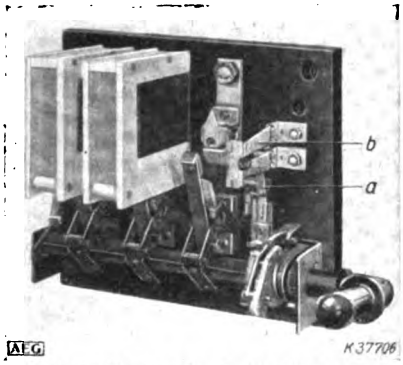
Gesellschaft für elektrische Anlagen AG.
STUTTGART / FELLBACH
Telegramm: Gea + Fernsprecher: 51053, 51054

Digitized by Google

Stationsschalter (RWE-Heinisch-Riedl-Schalter)

Mitteilung der AEG.

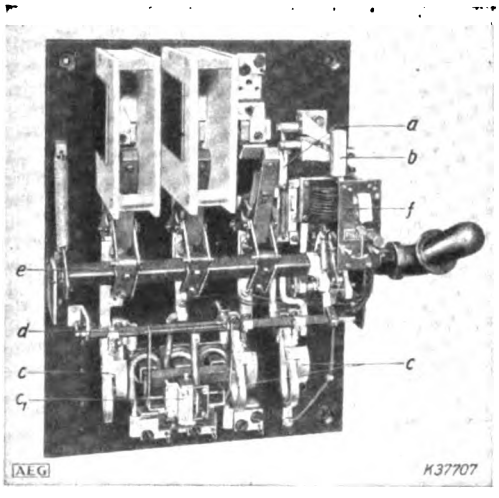
Unter den Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung kommt der Nullung große Bedeutung zu, da sie wirtschaftliche Vorteile bietet. Um zu verhindern, daß eine am Nulleiter z. B. durch einen Kurzschluß zwischen Außen- und Nulleiter auftretende unzulässig hohe Berührungsspannung bestehen bleibt, wird für genullte Netze in den VDE-Vorschriften 0100/1934 (V.E.S.1) § 3 d 7 vorgeschrieben, daß in dem erwähnten Kurzschlußfall der 2,5fache Nennstrom an der nächsten vorgeschalteten Stromsicherung auftreten muß. Um diese Forderung zu erfüllen, sind entweder unwirtschaftlich große Leitungsquerschnitte zu verlegen oder abgestufte Sicherungen im Zug der Leitungen anzuordnen. Die erste Lösung wäre eine Werkstoffverschwendung, die zweite ist aus betriebstechnischen Gründen nicht zu empfehlen. — Der Stationsschalter bietet hier eine nicht nur einfache, sondern auch wirtschaftliche Lösung. Dieser Schalter wird unmittelbar hinter dem Umspanner in der Umspannstation eingebaut.



a = Nulleiter-(Bimetall-) Auslöser, b = Parallelwiderstand zum Einstellen des Nulleiter-Auslösers.

Abb. 1. Stationsschalter für 60 A, der nur mit Nulleiter-Auslöser ausgerüstet ist (rechte Funkenkammer abgenommen).

Stationsschalter werden in verschiedenen Ausführungen hergestellt. Allen Stationsschaltern gemeinsam ist zunächst der Auslöser im Nulleiter. Dies ist ein Bimetallauslöser mit kleiner Trägheit, der durch einen veränderlichen Parallelwiderstand eingestellt werden kann.



a = Nulleiterauslöser,
b = Parallelwiderstand zum Einstellen des Nulleiter-Auslösers,
c = Bimetallauslöser für die Phasen,
c_1 = Elektromagnetischer Schnellauslöser,
d = Auslösewelle,
e = Schaltwelle,
f = Fehlerspannungsauslöser mit Prüfeinrichtung (RWE-Heinisch-Riedl-Schutz).

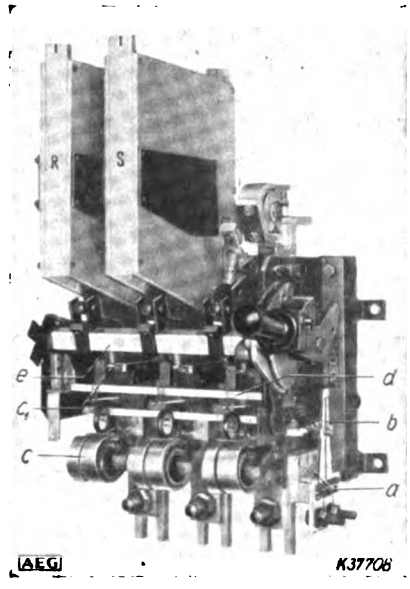
Abb. 2. Stationsschalter für 200 A mit Nulleiter-(Bimetall) u. je 3 Bimetall- und elektromagnetischen Auslösern in den Phasen sowie einem Fehlerspannungsauslöser (RWE-Heinisch-Riedl) (rechte Funkenkammer abgenommen)

Die einfachste Form eines Stationsschalters (Abb. 1) ist nur mit diesem einen Auslöser ausgerüstet. Sie wird dort verwendet, wo z. B. der Schutz in den Phasen den bereits vorhandenen Sicherungen oder Selbstschaltern überlassen bleiben soll.

Eine weitere Ausführung hat neben dem Wärmeauslöser im Nulleiter auch Wärme-(Bimetall-)Auslöser in den Außenleitern. Diese haben jedoch eine größere Trägheit und ermöglichen bei sonst einwandfreiem Schutz gegen Übererwärmung die Überlastbarkeit des Umspanners weitgehend auszunutzen. Die Bimetallauslöser haben gegenüber Sicherungen nicht nur den Vorteil einer im allgemeinen günstigeren Auslösekennlinie, sondern auch einer viel geringeren Streuung gegenüber der mittleren Kennlinie und somit eine wesentlich höhere Betriebszuverlässigkeit.

Die letztgenannte Ausführung wird z. B. in einer Station mit mehreren Abzweigen in jedem dieser Abzweige vorgesehen, wenn ein Hauptschalter mit hoch eingestellten elektromagnetischen Schnellauslösern für den Kurzschlußschutz vorgeschaltet ist.

Wird der Stationsschalter nicht nur mit Bimetallauslösern für den Nulleiter und die Phasen ausgerüstet, sondern auch noch mit elektromagnetischen Auslösern für die Phasen, so kann der Schalter den gesamten Schutz auf der Niederspannungsseite übernehmen.



a = Bimetallauslöser im Nulleiter.
b = Parallelwiderstand zur Einstellung des Nulleiterauslösers,
c = Bimetallauslöser in den Phasen,
c_1 = Elektromagnetischer Schnellauslöser,
d = Auslösewelle,
e = Schaltwelle,

Abb. 3. Stationsschalter für 600 A mit Nulleiter-(Bimetall) und je 3 Bimetall- und elektromagnetischen Auslösern in den Phasen (rechte Funkenkammer abgenommen).

Alle genannten Formen können auch mit einem Fehlerspannungsauslöser (RWE-Heinisch-Riedl-Schutz) versehen werden. Dieser Auslöser schützt jedoch die Eisenteile in der Umspannerstation (z. B. das Umspannergehäuse) noch nicht ohne weiteres vor unzulässigen Berührungsspannungen, wenn deren Ursache vor dem Stationsschalter liegt. In diesem Falle muß der Stationsschalter mit einem Hilfskontakt ausgerüstet werden, der den Ölschalter abschaltet. Auch für Meldezwecke können Hilfskontakte angebaut werden.

Abb. 2 zeigt einen Stationsschalter*) für 200 A Nennstrom, der mit allen oben erwähnten Auslösern versehen ist. Dieser Schalter ist ebenso wie der Schalter nach Abb. 1 aus den bekannten Überstromselbstschaltern MSB entwickelt worden.

Größere Stationsschalter werden neuerdings auch unter Verwendung der bewährten Selbstschalter EM hergestellt. Abb. 3 zeigt einen solchen Schalter für eine Nennstromstärke von 600 A.

Bei allen Abbildungen ist die rechte Funkenkammer abgenommen, um die Kontaktanordnung zu veranschaulichen. Die Schalter nach Abb. 1 und 2 haben Bürsten-Hauptkontakte und Abreißkontakte, der Schalter nach Abb. 3 hat Silberklotz-Hauptkontakte, Vor- und Abreißkontakte.

Die Stationsschalter können in vielen älteren Netzen noch nachträglich die Möglichkeit schaffen, die Nullung durchzuführen und sich ihre Vorteile nutzbar zu machen.

*) s. auch AEG-Druckschrift Sa/V 1455.

Digitized by Google

Stellengesuche

OBERINGENIEUR

37 Jahre, ledig, große und repr. Erscheinung, gewandtes Auftreten, langjährige Tätigkeit bei 1. Großfirmen (Montage-Projektierung), nachw. erfolgreiche Verkaufskraft, guter Organisator,

anerkannt erste Kraft

z. Z. in leitender Stellung im rhein.-westf. Industriegebiet, sucht verantwortungsvollen und entwicklungsfähigen Wirkungskreis. Angeb. erb. u. **E. 7716** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektroingenieur

35 Jahre, ar., mit 10jähriger Konstruktionspraxis im Bau großer Gleichstrom-, Vertikal- und Turbogeneratoren, sicher in Entwurf und Berechnung sowie selbständiger Behandlung schwingungstechnischer Probleme, **sucht sich zu verändern.**

Gefl. Zuschriften unter **E. 7714** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur

Mitte 30, Arier, langjähr. Praxis bei groß. städt. E.-W. im Ausland, davon 7 Jahre als Abt.-Leiter, sucht auf dem Gebiete der Stromversorgung entwicklungsfähige Stellung. Neben guter theoretischer Vorbildung werden gute Erfahrungen im Bau und Betrieb von Hoch- und Niederspannungsanlagen, sowie im Zähler- und Tarifwesen geboten. Gute Auffassungsgabe und selbständiges Arbeiten sichern schnelle Einarbeitung. Ang. u. **E. 7738** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Erfahrener **Ingenieur** bewandert in Montage, Inbetriebnahme und Reparatur größt. Anlagen f. Industrie- u. Überlandwerke, Prüffeldpraxis, Kenntn. in Kommutierungsfrag.; mehrere Jahre Betriebsleiter in großem Industriewerk sucht Stellung. Angebote unt. **P. R. 13357** an **Ala, Essen.** [7736]

Elektro-
Dipl.-Ing.

Starkstrom, 5 Semester Volkswirtschaftslehre, 1 Jahr techn. Praxis sucht per sofort in Elektro-Industrie bzw. -Handel passende Stellung. Angeb. erbeten unter **E. 7713** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Dipl.-Ing., 36 J., verh., ungek. Stellg. (Großfirma), 3 J. Straßenb.-Proj., 8 J. Gleichrichter-Proj., sucht neuen Wirkungskr., am liebst. Betrieb, Straßenbau, E.-W. Ang. u. **E. 7705** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

El.-Ingenieur, seit 10 Jahr. in U.S.A. tätig, 34 J. alt, wünscht sich zu veränd. Deutschland bevorzugt. Firm in Projekt. u. Ausführg. sämtl. Elektroinst.-Arbeit., Schaltanlagen, Schalttafelbau u. Theaterbeleuchtung. Bin z. Z. in Deutschland. Ang. u. **E. 7726** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Beleuchtungsspezialist

Elektrokaufmann, technisch versiert, Ende 30, mit besten Beziehungen zu Großindustrie, Bergbau, Elektr.-Werken etc. in Westdeutschland, in ungekündigter leitender Stellung eines Großunternehmens der Branche sucht ähnliche Position. Angebote erbeten unter **E. 7737** **E. S. 13361** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Jüngere Elektroingenieure

die im Verkauf nachweisbar mit gutem Erfolge tätig gewesen sind, als Vertriebsingenieure im Innen- und Außendienst gesucht. Bewerbungen mit selbstgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild an das Sekretariat der

Accumulatoren-Fabrik, Aktiengesellschaft, Berlin SW 11, Askanischer Platz 3

[7723]

Führendes Unternehmen im Eisenbahnsicherungswesen sucht zum sofortigen Antritt

Diplomingenieur der Elektrotechnik

für Entwicklung und Projektierung selbsttätiger Signalanlagen.

Wir bitten um Bewerbungen mit eigenhändig geschriebenem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Angabe des Eintrittstermins und der Gehaltsansprüche unter „**Signalanlagen**“ unter **E. 7720** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Jüngerer Konstrukteur

für **Installationsmaterial** (Hausanschlußsicherungen, Verteilungsgruppen, Zählertafeln und dergl.) mit praktischer Erfahrung in der Hausinstallation zu bald. Eintritt gesucht.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild unter Angabe der Gehaltsansprüche erbeten unter **E. 7704** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Wir suchen

HOCHFREQUENZ-INGENIEURE und TECHNIKER

mit gründlichen elementaren Kenntnissen und guten praktischen Fähigkeiten.

Ausführliche Angebote mit Lebenslauf u. Zeugnisabschriften sind zu richten an

TELEFUNKEN

Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H.,

Berlin SW 11, Hallesches Ufer 12. [7727]

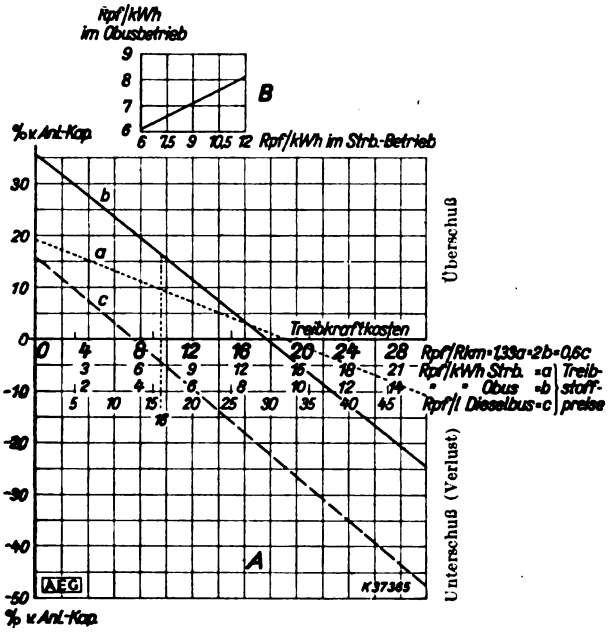
Fortsetzung auf Seite

Digitized by Google

Oberleitungs-Omnibusse für Stadtverkehr.

Mitteilung der AEG.

Die von Tag zu Tag zunehmende Motorisierung des Verkehrs in den deutschen Städten wird zweifellos eine allmähliche Umgestaltung der öffentlichen Nahverkehrsbedienung zur Folge haben. Der bisherige Hauptträger des Nahverkehrs, die Straßenbahn, wird davon am meisten betroffen werden. So sind in England und Nordamerika, wo die Motorisierung schon wesentlich weiter



a = Straßenbahnbetrieb, b = Oberleitungs-Omnibus-Betrieb, c = Diesel-Omnibusbetrieb.

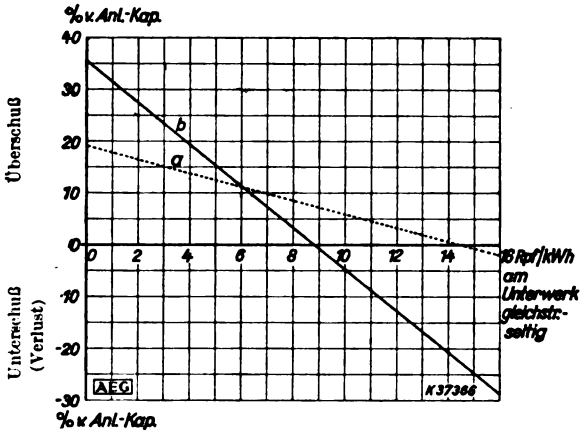
Abb. 1. A. Wirtschaftlichkeit und Treibkraftkosten.
B. Strompreise bei gleicher Wirtschaftlichkeit im Straßenbahn- und Oberleitungs-Omnibus-Betrieb.

fortgeschritten ist als in Deutschland, schon häufig abgenutzte Straßenbahngleise nicht mehr erneuert, sondern entfernt worden; der stillgelegte Straßenbahnbetrieb wurde durch Omnibusbetrieb ersetzt. Allein im letzten Jahrzehnt sind in England und Nordamerika über die Hälfte der Straßenbahnbetriebe teils stillgelegt, teils zusammengeschlossen worden. Erheblich zugenommen haben dagegen die Omnibusbetriebe, und zwar in England besonders die Oberleitungs-Omnibus-Betriebe, von denen heute bereits halb soviel wie Straßenbahnbetriebe vorhanden sind.

Die Weiterentwicklung der öffentlichen Nahverkehrsbedienung in Deutschland wird höchstwahrscheinlich ähnlich verlaufen. Zwar beträgt z. B. in Berlin der Beförderungsanteil der Straßenbahn am gesamten, auf Straßenbahn, Omnibus und U-Bahn entfallenden Personenverkehr heute noch 60%. Die Erneuerung abgenutzter Straßenbahngleisanlagen ist jedoch schon eine schwierige Kostenfrage. Auch muß durch Schaffung neuer Fahranreize der Verkehrsabwanderung Einhalt geboten und der zum Fahrrad oder Kleinauto abgewanderte Fahrgast zurückgewonnen werden. Man wird mehr Sitzplätze zur Verfügung stellen und nicht nur eine sichere, sondern auch schnelle und durch andere Fahrzeuge unbehinderte Beförderung gewährleisten müssen. Das Fahrzeug soll an die Bordschwelle heranfahren können, da das Ueberschreiten des halben Fahrdamms zum Ein- und Aussteigen, wie es die Benutzung der Straßenbahn meist erfordert, für den Fahrgast immer gefährlicher wird. Endlich erzwingt der scharfe Wettbewerb der Motorisierung einen niedrigen Fahrtarif und damit auch niedrige Betriebskosten zur Wahrung der Wirtschaftlichkeit. Viele Betriebsverwaltungen werden daher früher oder später über die Frage: „Erneuerung der Straßenbahn oder Omnibusbetrieb?" zu entscheiden haben.

Ein neuzeitliches Verkehrsmittel, das allen Anforderungen des städtischen Nahverkehrs genügt, ist der Oberleitungs-Omnibus (Obus). Er ermöglicht den sauberen sowie geruch- und geräuschlosen, aus einheimischen Rohstoffquellen gespeisten, elektrischen Betrieb, er ist freizügig innerhalb der Straßenbreite und sowohl fahrtechnisch als auch betriebswirtschaftlich den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotorantrieb im Stadtverkehr mit kurzem Wagen- und Haltabstand überlegen. Zur Bewältigung des Spitzenverkehrs kann auch der Obus, wie der Straßenbahntriebwagen, mit Anhänger gefahren werden, ohne daß er merklich an Reisegeschwindigkeit einbüßt.

Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Straßenbahn-, Obus- und Dieselbusbetrieb (mit Anhängewagen im Spitzenverkehr) bei 6-min-Wagenfolge und 260 m



a = Straßenbahnbetrieb, b = Oberleitungs-Omnibusbetrieb.

Abb. 2. Wirtschaftlichkeit und Strompreise.

mittlerem Haltabstand der Betriebstrecke kommt zu folgendem Ergebnis*):

1. Der Obus, der unter gleichen Betriebsverhältnissen 50% mehr Strom verbraucht als die Straßenbahn, arbeitet bei den ortsüblichen Strompreisen von 6 ... 12 Rpf/kWh ebenso wirtschaftlich wie die Straßenbahn, wenn die Obus-kWh in diesem Bereich 0 ... 33⅓% weniger kostet als die Straßenbahn-kWh (Abb. 1).

2. Der Obus arbeitet bei Strompreisen unter 6 Rpf/kWh wirtschaftlicher als die Straßenbahn (Abb. 2).

3. Der Dieselomnibus arbeitet bei dem heutigen Treibstoffpreis von etwa 16 Rpf/l mit Verlust und erzielt erst bei Treibstoffpreisen unter 12,5 Rpf/l Betriebsüberschüsse. (Abb. 1).

*) S. auch AEG-Mitt. 1936, Heft 6, S. 203.

Digitized by Google

Stellengesuche

Elektro-Ingenieur

35 Jahre, unverheiratet, Absolvent der höheren technischen Staatslehranstalt Nürnberg, mit 14jähriger Betriebs- und Verwaltungspraxis in Elektrizitätswerken, insbesondere Erfahrung im Bau und Betrieb von Wasserkraftwerken, mehrjährige Betriebsleitung von Kraftwerken, Erfahrung in elektrotechnischer Fertigung, Refa-Kenntnisse, wünscht sich zu verändern.

Bevorzugt wieder Elektrizitätswirtschaft oder elektrotechnische Industrie.

Angebote erbeten unter **E. 7762** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Starkstromtechniker (Dipl.-Ing.)

mit 5jähriger Praxis, Prüffeld für elektrische Geräte und Maschinen, Hochspannungs-Lab., sucht selbständige Stellung in industriellem Betrieb oder EW.

Angebote erbeten unter **E. 7753** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

STARKSTROMTECHNIKER

mehrjährige Praxis in Büro und Betrieb durch gute Zeugnisse nachweisbar, sucht Stellung in

Elektrizitäts- oder Überlandwerk.

Angebote erbeten unter **E. 7760** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Vertriebs-Ingenieur

mit reichen Erfahrungen im Vertrieb von Schwachstromanlagen, mit Neuwerbung von Kunden allerbestens vertraut, sucht, gestützt auf nachweisbar sehr gute Erfolge, neuen Wirkungskreis in leitender Stellung. Angebote unter **F. M. 687** an **Ala, Frankfurt a. M., Kaiserstraße 15.** [7747]

Elektro-Dipl.-Ing., 36 J., verh., ungek. Stellg. (Großfirma), 3 J. Straßenb.-Proj., 8 J. Gleichrichter-Proj., sucht neuen Wirkungskr., am liebst. Betrieb, Straßenb., E.-W. Ang. u. **E. 7705** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Junger

Elektro-Ingenieur

sucht Volontär-Stellung in Berlin oder auswärts. Offerten unter **E. 7773** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

INGENIEUR

36 Jahre, gute Kenntnisse u. Praxis in Elektrotechnik und Maschinenbau (auch Elektroschweißung), sucht leitende Stellung für Betrieb, Revision, Überwach. od. dgl. Gefl. Ang. u. **E. 7741** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ

Dipl.-Ing.

Sondergebiet:

Leistungsschalter für Hochspannung

sucht neuen, aussichtsreichen Wirkungskreis.

Angeb. erbeten unter **E. 7755** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Wollen Sie etwas

günstig verkaufen? Dann ist das Beste, was Sie tun können, die Aufgabe einer „Kleinen Anzeige" in der ETZ. Die hohe Auflage unserer Zeitschrift und ihre allgemeine Verbreitung in Elektrofachkreisen bürgen für den Erfolg.

Stellenangebote

Elektro- und Elektrowärme-Ingenieur

in entwicklungsfähige Stellung zur Leitung des Konstruktionsbüros und Laboratoriums eigner bedeutenden Fabrik für elektrische Haushaltgeräte, Küchen und Gaskochgefäße sowie elektrische Öfen und Heizkörper gesucht.

Ausführliche Angebote nur von ersten Kräften mit bester Vorbildung und Erfahrung erbeten unter **K 114** durch **Annoncen Expedition Max Gerstmann, Berlin W 9.**, Linkstr. 38. [7771]

AEG

sucht

Fernmelde-Ingenieure

für Entwicklungsarbeiten auf dem Verstärkergebiet. **Kennwort K 9**

Schriftliche Angebote mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen, Eintrittstermin und Angabe des Kennworts an [7770]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft
Personalverwaltung, Berlin NW 40.

Zur Unterstützung des erkrankten Inhabers wird zur Führung eines bekannten Installations-Geschäftes und Ingenieur-Büros umsicht., erfahr.

jüng. Elektro-Ingenieur

evtl. mit Interesseneinlage, gesucht. Späterer Kauf nicht ausgeschlossen. Angebote unter **E. 7761** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

STELLENAUSSCHREIBUNG

Beim städtischen Elektrizitätswerk ist sofort die Stelle eines **OBERINGENIEURS** zu besetzen. Der Bewerber muß neben guter wissenschaftlicher und fachlicher Ausbildung eine langjährige praktische Tätigkeit, insbesondere im Bau und Betrieb ausgedehnter Hochspannungs-Kabelnetze nachweisen können und möglichst Dipl.-Ing. sein. Er muß selbständig arbeiten können, da er den Direktor vertreten muß. Bezahlung nach Tarifgruppe X des städt. Angestelltentarifes (4484.– bis 7040.– RM u. 1008.– bzw. 1368.– RM Wohnungsgeldzuschuß abzügl. der gesetzlichen Gehaltskürzungen). Den Bewerbungen sind beizufügen: Ausführlicher Lebenslauf, Belege über die bisherige Tätigkeit unter Beifügung beglaubigter Zeugnisabschriften, der Nachweis der arischen Abstammung für den Bewerber und seine Ehefrau, sowie ein Lichtbild.

Bewerbungen sind bis zum 1. November 1936 an den Oberbürgermeister der Kreisstadt Plauen zu richten. Persönliche Vorstellungen sind ohne besondere Aufforderung zwecklos.

Plauen, 3. Oktober 1936. [7774]

Der Oberbürgermeister der Kreisstadt Plauen

Fortsetzung auf Seite 18

Digitized by Google

Das AEG-Kompensations-Fernmeßverfahren.

Mitteilung der AEG.

Für die Uebertragung von Meßwerten über größere Entfernungen kommen Verfahren in Betracht, die mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen für jeden Meßwert nur einen einzigen Uebertragungskanal erfordern.

Stehen für die Meßwertübertragung metallisch zusammenhängende Leitungen zur Verfügung, so kann das AEG-Kompensationsverfahren angewendet werden, bei dem die Meßgröße durch einen Hilfsgleichstrom von

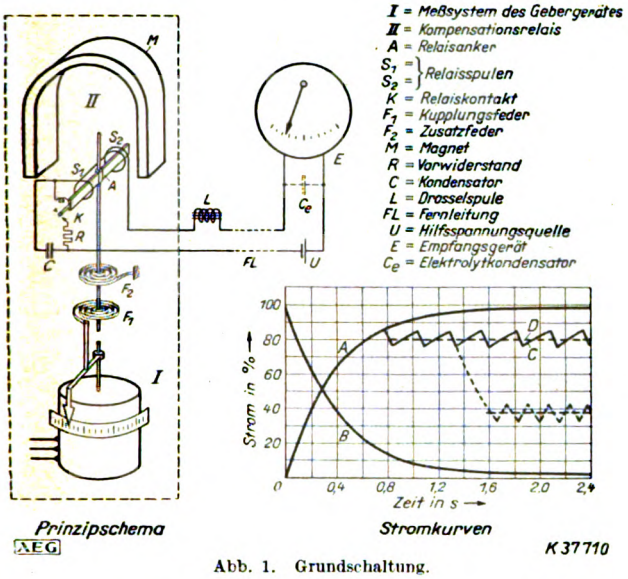


Abb. 1. Grundschaltung.

einigen mA übertragen wird. Der Meßstrom wird durch den Fernmeßgeber selbsttätig proportional dem Meßwert eingeregelt.

Abb. 1 zeigt die Grundschaltung des Verfahrens: Das von einem beliebigen Meßsystem I erzeugte Drehmoment wird auf die Achse des Kompensationsrelais II durch die Kuppelfeder F_1 übertragen. Diesem Drehmoment wirkt ein zweites entgegen, das durch die vom Fernmeßstrom durchflossene Ankerwicklung S_1/S_2 des Kompensationsrelais II im Felde des Dauermagneten M erzeugt wird. Der Fernmeßstrom steigt wegen der Induktivität der Drossel L verzögert an. Wenn dieser Strom einen Wert erreicht hat, bei dem das Drehmoment des Kompensationsrelais größer ist als das vom Meßsystem I ausgeübte Moment, öffnet der Kontakt K und unterbricht den Leitungskreis. Ueber den Kondensator C klingt der Fernmeßstrom ab. Durch das Oeffnen des Kontaktes K verschwindet das vom Anker A ausgeübte Drehmoment; dadurch schließt der Kontakt K wieder. Es erfolgt erneut Stromanstieg und Oeffnen von K, so daß ein dauerndes Ueber- und Untersteuern des dem Meßwert verhältnisgleichen und im Empfangsgerät wirksamen Strommittelwertes D erzielt wird*).

Die Gebergeräte können mit Meßwerken für Wirk- und Blindleistung für eine oder zwei Energierichtungen, für Gleich- und Wechselströme und -spannungen, ferner für andere, nicht elektrische Meßgrößen wie Druck, Mengen, Wasserstände usw. ausgerüstet werden.

Die Empfangsgeräte sind übliche Drehspulgeräte mit großem Drehmoment; auch mehrere in Reihe geschaltete Anzeige- oder Schreibgeräte sowie Mehrfarbenschreiber zur gleichzeitigen Aufzeichnung mehrerer Meßgrößen können verwendet werden.

Der Uebertragungsstrom beträgt in der Regel zwischen 1,5 mA und 6,5 mA. Die verbürgte Genauigkeit beträgt $\pm 1{,}5\%$ des Nennbereiches des Gebergerätes, wozu noch der Fehler des Empfangsgerätes Klasse G kommt. Durch Sondereichung sind höhere Genauigkeiten zu erzielen.

*) S. auch AEG-Druckschrift K 4b/1015a.

Zur Speisung der Fernmeßgeräte ist eine Gleichstrom-Hilfsspannung von etwa 24 V erforderlich (Batterie- oder Trockengleichrichter). Die Stromquelle kann auf der Geber- oder auf der Empfängerseite aufgestellt werden. Der Kompensationsgeber regelt den Meßstrom unabhängig von den Spannungsschwankungen der Hilfsstromquelle und unbeeinflußt durch temperaturbedingte Widerstandsänderungen der Fernleitungen ein. Bei Aenderungen der Meßgröße wird der neue Wert in Bruchteilen einer Sekunde eingeregelt.

Als Fernleitungen können Fernsprechleitungen benutzt werden, die nicht durch Ringübertrager abgeriegelt sind. Für jeden Meßwert sind zwei Fernleitungen erforderlich. Sind mehrere Werte über die gleiche Strecke zu übertragen, so kann ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit der Uebertragung für alle Werte zusammen eine gemeinsame Rückleitung verwendet werden.

Der höchstzulässige Wert für den Gesamtwiderstand der Leitungen beträgt bei 24 V Hilfsspannung etwa 800 ··· 1000 Ω, je nachdem ob ein schreibendes oder ein anzeigendes Empfangsgerät angeschlossen wird. Das bedeutet bei einem Leitungsdurchmesser von 0,8 mm eine Reichweite von 10 ··· 15 km. Die überbrückbare Entfernung kann durch Erhöhung der Hilfsspannung in gewissen Grenzen gesteigert werden. Werden mehrere Meßgrößen mit gemeinsamer Rückleitung übertragen, so sind die zulässigen Entfernungen entsprechend geringer.

Auch Leitungen, die schon durch Fernsprechverkehr ausgenutzt sind, lassen sich durch Unterlagerung des Fernmeßstromes gleichzeitig noch für eine Meßwert-

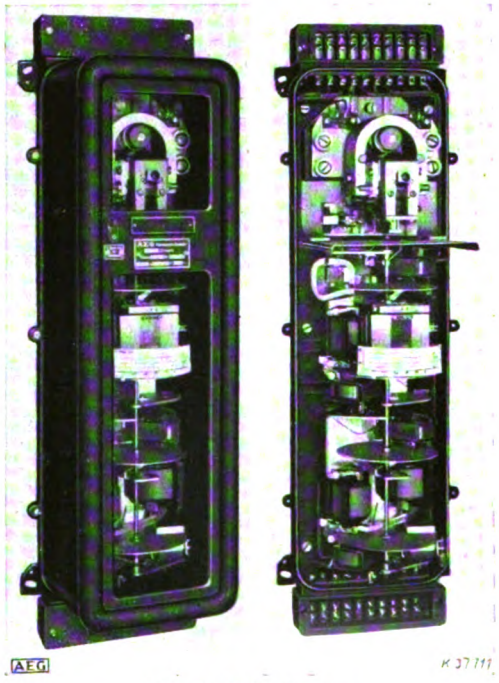


Abb. 2. Mehrfachgeber.

übertragung nach dem Kompensationsverfahren verwenden, wenn der Telefonruf nicht durch Gleichstrom, sondern durch Wechselstrom (Induktor oder Polwechsler) übertragen wird.

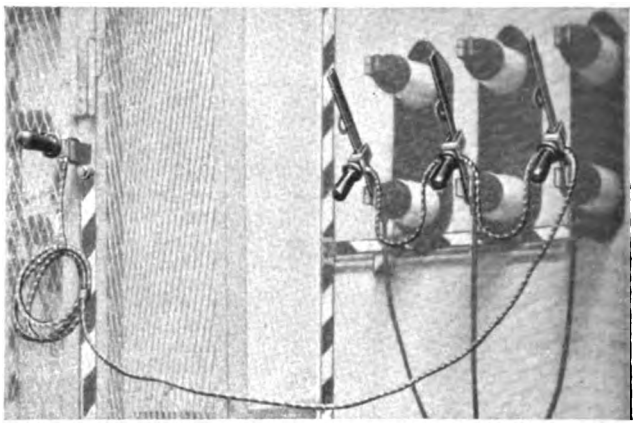
Ist die Summe mehrerer Meßwerte zu übertragen, so werden Mehrfachgeber verwendet, bei denen mehrere Meßsysteme gemeinsam auf die Achse des Kompensationsrelais einwirken (Abb. 2). Bei Einzelwertübertragung und Summenbildung in der Empfangstelle werden die Meßströme der Einzelwerte gemeinsam dem Summengerät zugeleitet. Bei ungleichen Meßbereichen der Summanden sorgen Stromteilerwiderstände für den nötigen Abgleich.

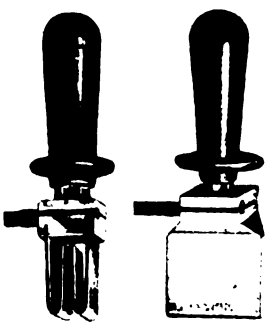
Digitized by Google

Neuberger
Gegr. 1904

Messinstrumente
Einphasen-
Wechselstromzähler
Röhrenprüfgeräte
Kondensatoren
statisch und elektrolytisch

Josef Neuberger · München T 25
Fabrik elektrischer Messinstrumente. Steinerstr. 16



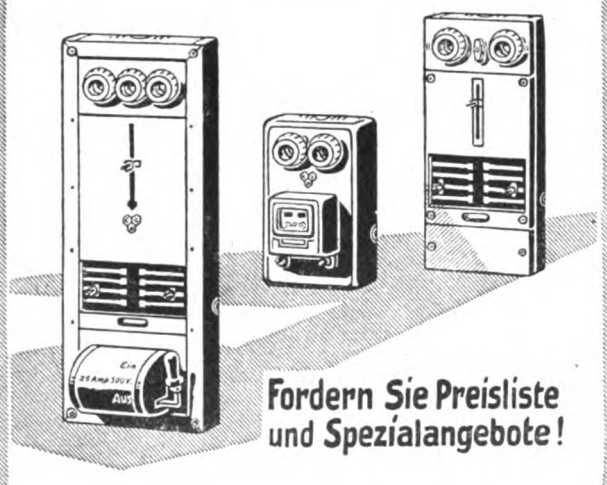


El.-Ap.
Stecker zum
Erden und Messen
D.R.G.M.

Elektro-Apparate K.-G. Gothe & Co.
Mülheim-Ruhr

GEYER

C.G.N. ZÄHLERTAFELN
ZÄHLERHAUBEN



Fordern Sie Preisliste
und Spezialangebote!

CHRISTIAN GEYER G.M.B.H. ELEKTROTECHNISCHE FABRIKEN NÜRNBERG

Digitized by Google

Das AEG-Impulskompensations-Fernmeßverfahren

Mitteilung der AEG

Für die Fernübertragung von Meßwerten sind die Impulsverfahren besonders geeignet, da bei ihnen fast alle Arten von Uebertragungskanälen verwendet werden können. Bei dem AEG-Impulskompensations-Verfahren wird die Meßgröße für die Uebertragung durch Impulse ausgedrückt, deren Anzahl in der Zeiteinheit dem jeweiligen Meßwert verhältnisgleich ist; am Empfangsort wird die Impulsfrequenz in eine proportionale Gleichspannung umgewandelt.

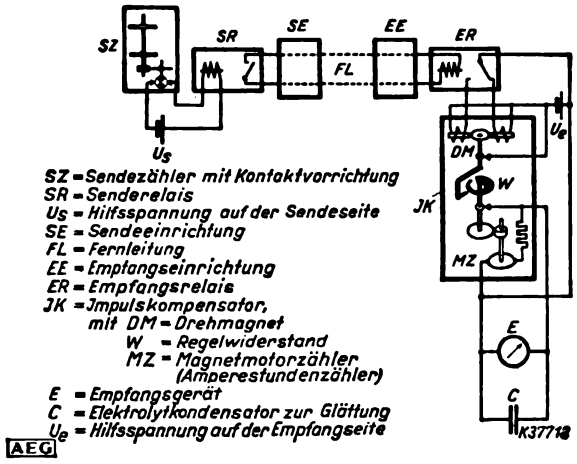


Abb. 1. Grundschaltung.

Abb. 1 zeigt die Grundschaltung des Verfahrens: Die Meßimpulse werden durch einen Sendezähler mit Kontaktvorrichtung SZ erzeugt, durch Vermittlung von Sende- und Empfangseinrichtungen übertragen und auf der Empfangseite in eine für den Betrieb des Empfangsgerätes geeignete Gleichspannung umgeformt. Diese Umwandlung bewirkt der Impulskompensator JK, dessen Drehmagnet DM durch die Meßimpulse gesteuert wird und eine schrittweise Drehung der Antriebsachse mit einer Geschwindigkeit bewirkt, die der sekundlichen Drehzahl des Sendezählers entspricht. An der durch die Impulse angetriebenen Achse ist eine Bürste befestigt, die über einen Vorwiderstand W dem Magnetmotorzähler MZ Strom zuführt. Der Vorwiderstand W wird über ein Zahnräderpaar vom Magnetmotorzähler MZ angetrieben, dessen Strom durch den Bürstenabgriff dieses Widerstandes eingeregelt wird. Die Anordnung arbeitet in der Weise, daß die durch den Umlauf der Drehmagnetachse bewirkte Bürstenverschiebung am Widerstand W einen Strom im Zähler MZ einstellt, der diesen zu einer Drehbewegung in dem Sinne veranlaßt, daß die von ihm durch das Uebersetzungsgetriebe bewegte Widerstandsrolle W der Schleifbürste nachläuft. Der den Zähler MZ antreibende Strom wird selbsttätig so eingeregelt, daß die Umlaufgeschwindigkeit dieses Zählers der sekundlichen Drehzahl der Drehmagnetachse, damit auch der Umlaufgeschwindigkeit des Sendezählers und demnach der Meßgröße selbst verhältnisgleich ist. Der Strom, den der Zähler MZ aufnimmt, ist seiner jeweiligen Umlaufgeschwindigkeit verhältnisgleich. Er kann daher zum Anzeigen der Meßgröße benutzt werden*).

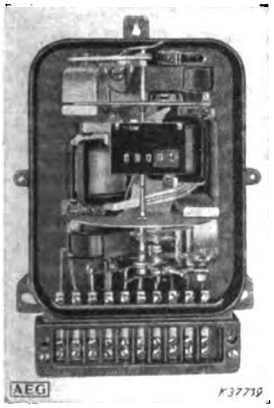


Abb. 2. Geberzähler mit Kontaktvorrichtung für Drehstromwirkleistung

Als Gebergeräte können Wirkleistungs- und Blindleistungszähler für Drehstrom oder Einphasenstrom gleicher oder beliebiger Phasenbelastung und für eine oder zwei Energierichtungen, ferner Zähler für Gleich- und Wechselströme und -spannungen, Gleichstromleistung und für spannungsunabhängige Widerstandsmessung für die Fernübertragung von Druck, Mengen, Wasserständen usw. ausgeführt werden. Abb. 2 zeigt einen Geberzähler für Drehstrom-Wirkleistung einer Energierichtung, Abb. 3, den Impulskompensator.

Die Empfangsgeräte sind gebräuchliche Drehspulgeräte mit großem Drehmoment; ferner können schreibende Empfangsgeräte, auch Mehrfarbenschreiber zur gleichzeitigen Aufzeichnung mehrerer Meßgrößen oder mehrere parallel geschaltete Geräte verwendet werden.

Die Impulsfrequenz ist in der Regel gleich Null für den Meßwert Null und 2,5 Impulse/s für den größten Meßwert. Der Impulskompensator liefert bei dieser Impulsfrequenz eine dem jeweiligen Meßwert entsprechende Spannung von 0 ··· 10 V. Er kann mit einem Strom bis zu 40 mA belastet werden. Die Einstellzeit des Impulskompensators einschließlich des Empfangsgerätes beträgt bei einer Meßwertänderung von Null auf den Höchstwert 4 ··· 6 s. In Sonderfällen kann eine kürzere Einstellzeit durch eine Erhöhung der Impulsfrequenz erreicht werden. Die verbürgte Genauigkeit beträgt ± 1,5% des Nennbereichs des Gebergerätes, wozu noch der Fehler des Empfangsgerätes, Klasse G, kommt. Durch Sondereichung sind höhere Genauigkeiten zu erzielen.

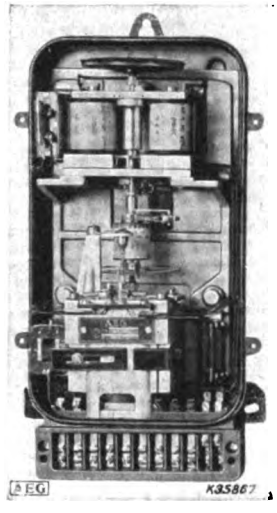


Abb. 3. Impulskompensator.

Zur Speisung der Fernmeßgeräte ist sowohl auf der Geber- als auch auf der Empfangseite je eine Gleichstrom-Hilfsspannung von etwa 24 V erforderlich (Batterie oder Trockengleichrichter). Der Impulskompensator regelt die Meßspannung unabhängig von den Spannungsschwankungen der Hilfsstromquellen u. unbeeinflußt durch die bei Temperaturschwankungen eintretenden Widerstandsänderungen ein.

Für die Uebertragung können alle Möglichkeiten der Impulsübertragung ausgenützt werden: Uebertragung mit Gleich- oder Wechselstrom über Leitungen, Mehrfachübertragung mehrerer Werte über die gleichen Leitungen durch Anwendung von Kunstschaltungen, Mehrfach-Tonfrequenzübertragung, Unter- oder Ueberlagerung auf besprochenen Fernsprechleitungen, Hochfrequenz-Uebertragung längs Hochspannungsleitungen usw. Damit können praktisch Entfernungen von Hunderten von Kilometern überbrückt werden.

Ist die Summe mehrerer Meßwerte zu übertragen, so werden Mehrfachgeber verwendet, bei denen mehrere Meßsysteme gemeinsam auf die Achse des Sendezählers einwirken. Bei Einzelwertübertragung und Summen- oder Differenzbildung in der Empfangstelle wird eine Schaltung mit gemeinsamem Empfangsgerät verwendet.

Ein an den Impulskompensator angebautes Zählwerk gestattet, in einfacher Weise beispielsweise bei einer Leistungswert-Uebertragung auch eine Zählung der Arbeit vorzunehmen.

*) S. auch AEG-Druckschrift K 4 b / 1016 a.

Digitized by Google

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort portofrei zurückzusenden.

Die Stellungsuchenden weisen wir darauf hin, daß es zweckmäßig ist, den Bewerbungen auf Chiffre-Anzeigen keine Originalzeugnisse beizufügen. Zeugnisabschriften, Lichtbilder usw. müssen Namen u. Anschrift des Bewerbers tragen.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Stellengesuche

Dipl.-Ing. der Elektr. Reg.-Baumstr. Dr. rer. pol.

36 Jahre, Pg., 15 Jahre Praxis, repräsent., gewandt und erfahren im Verkehr mit Behörden und Privaten, derzeit in leitender ungek. Beamten-Pos., sucht sich zu verändern. Besondere Kenntnisse auf dem Gebiete der Elektrizitätswirtschaft, besonders Fachmann im Tarifwesen, vielfach als Gutachter berufen, große Erfahrung in technischer Prüfung und Wartung von Leitungsnetzen, Zählern und Apparaten, gute Lehrbefähigung, in Schrift und Vortrag geübt, gute Verwaltungspraxis, bes. Organisationstalent. Gesucht wird selbständiger oder leitender Posten in größerem öff. oder privat. El.-Unternehmen, Elektrizitätswerk, Wirtschafts-Verband oder ähnlich. Angebote unter E. 7788 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Fernmeldetechniker

30 Jahre, ledig, ar., engl. Sprachkenntn., Führersch. 1 u. 3, in ungekündigter Stellung bei Großfirma, sucht selbständigen und wirklich **entwicklungsfähigen** Posten. Gebot. wird: 9 Jahre Praxis als Labor.- u. Prüffeldtechniker bei Großfirmen auf den Gebieten Niederfrequenz-Meßtechnik, Verstärker, Fotozellen, Gasentleerung, Relaisbau, Schaltungsentwicklung und Nomografie. Gute physikalische u. chem. Allgemeinkenntnisse. Schnelles Einarbeiten in verwandte Gebiete. Zuschr. mit Gehaltsangebot erb. u. E. 7818 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur

32 Jahre, Arier, Reichsdeutscher, seit 9 Jahren in USA. tätig, In Deutschland: Neben guter theor. Vorbildung 3 Jahre prakt. Erfahrung in Installation u. Motorenbau. Im Ausland: Erstklassige Erfahrung in Proj. von Dampf- und Wasserkraftwerken, Schaltanlagen und autom. Unterstationen. An selbständiges Arbeiten gewöhnt, z. Z. in Deutschland, sucht entwicklungsfähige Stellung möglichst bei E-W. oder Baufirma. Ang. erb. unter E. 7814 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Tüchtiger, zuverlässiger Zählerfachmann

langj. vielseitig. Erfahrung im Prüfamtswesen, sucht bald od. spät. Stellg. als Eich- od. Werkmeister. Ang. erb. unter E. 7820 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ.

Fernmeldetechniker (Telegr. Werkf.)

31 J., erstkl. Kenntn. in Wähleranlagen, Fernschreibmasch., Meß- u. Verstärkertechnik, Rundfunkentstörungsdienst, auch Kenntn. in Starkstromtechnik, wünscht sich zu veränd. Ang. u. E. 7821 an d. Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektrotechniker

Sudetendeutscher, 25 Jahre, Arier, Abs. höh. Staatsgewerbesch., mit längerer Praxis in Elt.-Werken u. Installation, sucht Stellung, am liebsten in Transformatorenbau od. Prüffeld. Zuschrift. erbet. an

J. K. Pauls,
Grevesmühlen i. Mckl., Alleestr. 19

Korrespondent

mit abgeschloss. kaufmännischer Ausbildung, langjähriger Praxis auf d. Gebiete d. Schriftverkehrs u. gut. praktisch. Kenntnissen in d. Elektrotechnik, sucht geeign. Posten. Angeb. erb. u. E. 7813 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9

Elektro-Ingenieur

37 Jahre alt, 10 Jahre Monteurprax., 10 Jahre Ingenieurprax. in Spanien. Erfahrg. auf allen Gebieten der Elektrotechnik. Gut. Akquisiteur, sucht Stellg. Angeb. unter E. 7831 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9

Wir bitten bei Einkäufen und Bestellungen auf die

ETZ

Bezug zu nehmen!

Stellenangebote

AEG

sucht

DIPLOM-INGENIEURE

für den Vertrieb von Hochspannungsmaterial. Nur gewandte Herren mit praktischen Erfahrungen in Planung, Betrieb oder Laboratorium und mit akquisitorischer Begabung können berücksichtigt werden. Bei Eignung ist spätere Reisetätigkeit vorgesehen. **Kennwort TRO 187.**

Schriftliche Angebote mit ausführlichem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen, frühestem Eintrittstermin und Angabe des **Kennworts** an [7836]

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft
Personalverwaltung, **Berlin NW 40.**

Elektrotechnische Fabrik sucht für ihre Montageabteilung von elektrischen Sicherungen und Installationsmaterial

Meister oder jüngeren Techniker

Bewerber, die bereits in solchen Positionen tätig waren, werden bevorzugt. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen erbeten unter E 7837 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Fortsetzung auf Seite 16

Digitized by Google

Meßwandler für Höchstspannungen.

Mitteilung der AEG.

Die Meßwandler der AEG für Höchstspannungen entsprechen den Forderungen nach höchster Leistung, größter elektrischer Sicherheit, sowie günstigem Einbau in Freiluftanlagen.

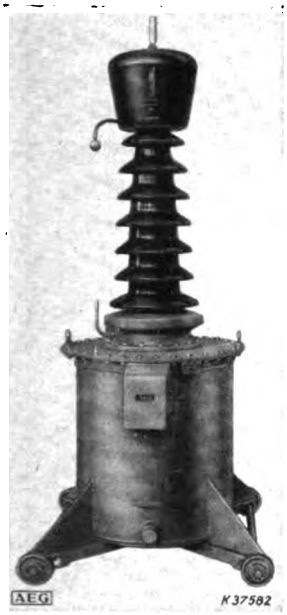


Abb. 1.
AEG-Spannungswandler.

Der AEG-Spannungswandler (Abb. 1) wird als einpolig geerdete Einphasen-Bauform ausgeführt. Die Erdung eines Wicklungsendes ermöglicht eine Potentialsteuerung mit Hilfe der Wicklung und damit verkleinerte Fensterabmessungen des Eisenkernes. Da ferner nur eine einzige Hochspannungs-Durchführung auf dem Kastendeckel anzuordnen ist, kann der Kasten ohne Rücksicht auf Phasenabstände so klein ausgeführt werden, wie es die Kernmaße erlauben. Die Nennleistung beträgt 150 VA (Klasse 0,2) oder 600 VA (Klasse 0,5) oder 1800 VA (Klasse 1); die Grenzleistung beträgt 6000 VA.

Die Abmessungen und Kosten der aktiven Teile des Spannungswandlers werden in erster Linie durch die Oberspannungswicklung bedingt, deren besondere Anordnung für die kapazitive und induktive Potentialsteuerung gleich günstig ist. Vor allem bringt diese Anordnung eine Erhöhung der Sprungwellensicherheit. Die Oberspannungswicklung ist in mehrere stufenförmig abgesetzte Lagengruppen so unterteilt, daß die Spannung von dem außenliegenden Wicklungsende her gleichmäßig abnimmt. Die Gesamtspannung gegen die Joche ist auf diese Weise in eine größere Zahl kleinerer Teilspannungen zerlegt, die keine Isolationsschwierigkeiten bieten. Die auf Zylinder gewickelte Oberspannungswicklung wird knapp über die Unterspannungswicklung geschoben; infolge der Erdung des Oberspannungs-Wicklungsendes treten keine wesentlichen Spannungsunterschiede auf. Die äußerste Lage der Oberspannungswicklung wird besonders sprungwellensicher ausgeführt und durch Kapazitätsbleche und Kapazitätswulst entlastet. Zwischen den einzelnen Lagen der gesamten Wicklung ist außerdem eine starke Lagenisolation vorgesehen.

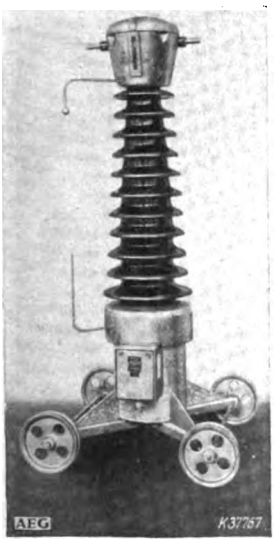


Abb. 2.
AEG-Topfstromwandler, Ausführung fürs Freie, 125 kV.

Der Eisenkern ist derart in den Ölkasten eingebaut, daß die Durchführung unmittelbar auf die Wicklung trifft. Die Durchführung selbst ist unten offen und oben mit einem als Ausdehnungsgefäß ausgebildeten Kopf versehen. Kasten und Durchführung sind ganz mit Öl gefüllt, dessen Stand an einem im Kopf eingelassenen Schauglas abgelesen werden kann.

Bei den Stromwandlern bildet die Isolation der Primärspule die Hauptschwierigkeit bei der Bemessung der aktiven Teile. Um die Fensterabmessungen des Kernes so klein wie möglich zu gestalten, wurden bei dem AEG-Stromwandler (Abb. 2) das Isolierverfahren und die magnetischen Eigenschaften verbessert. Schon wegen ihrer Kurzschlußsicherheit wurde die bewährte Ringform der Primärspule beibehalten. Der thermische Grenzstrom ist gleich dem 100fachen Nennstrom für 1 s Dauer, der dynamische Grenzstrom gleich der 250fachen Amplitude des Nennstroms. Die Spule hat einen rechteckigen Querschnitt und erhält eine kräftige Isolation aus Kabelpapier, die durch Ölstrecken und Winkelringe ergänzt wird. Durch eine besondere Ausbildung des Eisenkernes und eine neuartige Verteilung der Sekundärwicklung ergibt sich eine Gegenmagnetisierung, die das Arbeitsgebiet des Wandlers in den Bereich höchster Permeabilität rückt. Die Fehler werden auf diese Weise weitgehend herabgesetzt. Die Nennleistung beträgt 15 VA (Klasse 0,2) oder 60 VA (Klasse 0,5) oder 150 VA (Klasse 1).

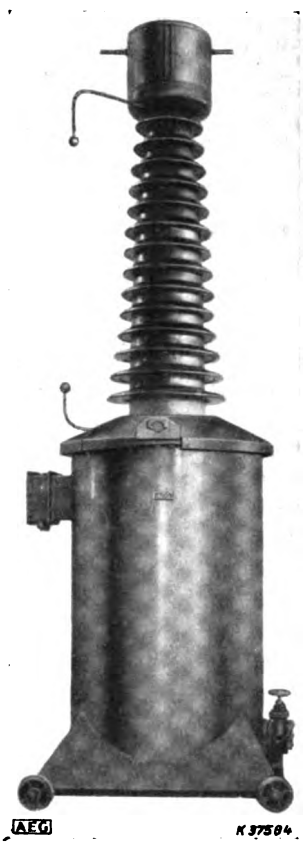


Abb. 3. AEG-Meßwandler-Satz 200 kW.

Der Aufbau des Stromwandlers entspricht sonst genau dem des beschriebenen Spannungswandlers. Die dynamische Kurzschlußsicherheit der Durchführung steht derjenigen der Wicklung in keiner Weise nach. Ein Metallrohr, das über die Ableitungsschienen geschoben ist, entlastet die Durchführung vollständig. Die Primärspule ist durch einen spannungsabhängigen Schutzwiderstand überbrückt, der einen wirksamen Sprungwellenschutz darstellt.

Die Zusammenfassung des Spannungs- und Stromwandlers zu einer Einheit, dem AEG-Meßwandler-Satz (Abb. 3), ist besonders wirtschaftlich, da eine Durchführung sowie eine erhebliche Menge Öl erpart werden. Außerdem ermöglicht der gemeinsame Kasten Einsparungen in der Anlage und bei der Beförderung.

Bei dem einpoligen Wandler-Satz sind Strom- und Spannungswandler übereinander angeordnet. Der Spannungswandler liegt unten, um eine starre Erdung einfach zu ermöglichen; der Stromwandler ist oberhalb des Spannungswandlers angeordnet und bietet so den Vorteil der bequemen Leitungsführung.

Das Oberspannungsende des Spannungswandlers ist mit der Oberspannungswicklung des Stromwandlers innerhalb des Kastens verbunden.

Auf Wunsch können die AEG-Höchstspannungs-Meßwandler auch mit einer unbrennbaren Ölfüllung versehen werden.

Digitized by Google

Nikorro

die ideale Feuchtraumleitung von Hand biegbar

Vertrieb durch die B B C-Büros

Rheinische Draht-u.Kabelwerke G.m.b.H. Köln-Riehl

ISOLIERSTOFF TYPE S

ZÄHLER-ÜBERDECKUNGSKAPPEN

VOLLKOMMENER SCHUTZ GEGEN BERÜHRUNGSSPANNUNGEN.

FORTFALL DER ZÄHLERGEHÄUSE-ERDUNG.

ZÄHLER VOLLSTÄNDIG ÜBERKAPPT, MIT SCHAUGLAS.

STROMDIEBSTAHL AUSGESCHLOSSEN

VERLANGEN SIE MUSTER U. ANGEBOT.

C.G.N

CHRISTIAN GEYER G·M·B·H

ELEKTROTECHNISCHE FABRIKEN NÜRNBERG-S

„Bulla" Paketschalter

SCHOELLER & CO · FRANKFURT A.M.-SÜD

ELEKTROTECHNISCHE FABRIK G·M·B·H

Digitized by Google

Summenmessung nach dem AEG-Drehzahl-Kompensationsverfahren.

Mitteilung der AEG.

Häufig wird die Aufgabe gestellt, z. B. die Summe der von mehreren Stromerzeugern eines Kraftwerkes an die Sammelschienen abgegebenen Leistungen zu messen. Ein besonders zweckmäßiges Verfahren zur Lösung dieser und ähnlicher Aufgaben der Summen- oder Differenzbildung wurde durch die Entwicklung des AEG-Drehzahl-Kompensationsverfahrens geschaffen. Dabei werden die Meßwerte zunächst in proportionale Gleichspannungen

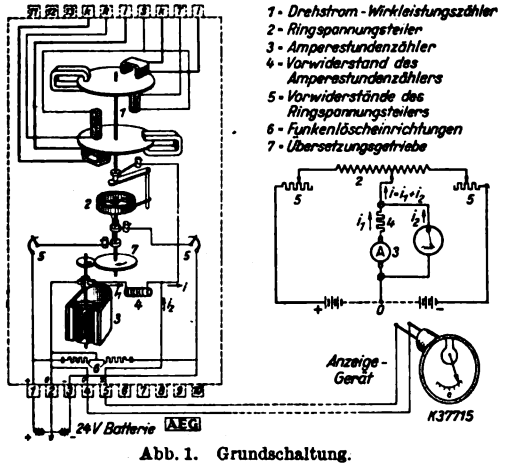


Abb. 1. Grundschaltung.

umgewandelt und dann in geeigneten Schaltungen zusammengefügt. Auf diese Weise können mit einfachen Mitteln Summen und Differenzen von beliebig vielen Summanden gebildet werden. Dabei können die Meßgrößen unterschiedlichen Charakter haben, es können z. B. Drehstrom-, Einphasenstrom- und Gleichstromleistungen sein.

Die Umwandlung des Meßwertes in die Hilfsgleichspannung besorgt der Drehzahlkompensator, dessen Grundschaltung in Abb. 1 gezeigt ist: Der Ausgangszähler 1, hier für Drehstrom beliebiger Phasenbelastung gezeichnet, treibt eine Kontaktbürste an, die auf dem ringförmig angeordneten Spannungsteiler 2 schleift. Der Spannungsteiler 2 ist über Vorwiderstände 5 an die Hilfsstromquelle angeschlossen. Die Schleifbürste führt über einen Widerstand 4 dem Gleichstromzähler 3, der einseitig fest an den Nullpunkt der Batterie angeschlossen ist, Spannung zu, so daß dieser je nach Lage der Bürste auf dem Spannungsteiler mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit in zwei Drehrichtungen umlaufen kann. Die beim Umlauf des Zählers 1 bewirkte Bürstenverschiebung stellt einen Strom im Gleichstromzähler ein, der diesen zu einer Drehbewegung in dem Sinne veranlaßt, daß die von ihm durch das Uebersetzungsgetriebe 7 bewegte Spannungsteilerwicklung 2 der Schleifbürste nachläuft. Die Umlaufgeschwindigkeit des Gleichstromzählers wird also selbsttätig so eingeregelt, daß sie der des Meßzählers 1 verhältnisgleich ist. Der vom Drehzahlkompensator eingeregelte Strom des Zählers stellt ein Maß für die Drehzahl des Ausgangszählers 1 und damit für den eigentlichen Meßwert dar.

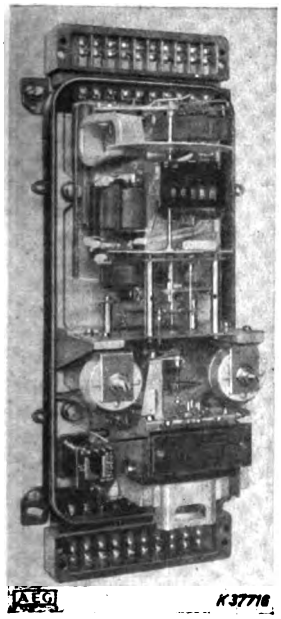


Abb. 2. Drehzahlkompensator.

Das Schaltbild zeigt, daß durch das Gerät nicht der den Zähler 3 durchfließende Strom, sondern der Spannungsabfall gemessen wird, den dieser Strom in der Wicklung des Zählers und in einem in Reihe damit liegenden Widerstand 4 erzeugt. Hierdurch wird ein zusätzlicher Fehler durch Temperatureinflüsse vermieden: Eine Erhöhung der Temperatur bewirkt nämlich eine Erhöhung des Widerstandes der die Wicklungen tragenden Aluminiumtrommel, wodurch die zur Bremsung dienenden Wirbelströme geschwächt werden. Der weniger gebremste Zähler wird also bei gleicher Stromaufnahme schneller umlaufen oder bei gleicher Drehzahl einen geringeren Strom aufnehmen. Im Drehzahlkompensator erzeugt der durch die Temperaturerhöhung verringerte Zählerstrom jedoch an dem Widerstand 4, dessen Widerstandswert durch die Temperaturerhöhung ebenfalls gestiegen ist, wieder den gleichen Spannungsabfall. Die Genauigkeit der Umwandlung des Meßwertes in eine proportionale Gleichspannung wird also durch Temperaturschwankungen nicht beeinträchtigt.

Die verbürgte Genauigkeit beträgt ± 1,5 % des Nennbereichs des Ausgangszählers, wozu noch der Fehler des Anzeigegerätes, Klasse G, kommt.

Zur Speisung des Gerätes ist eine Gleichstrom-Hilfsspannung von etwa 24 V erforderlich (Batterie oder Trockengleichrichter). Der Drehzahlkompensator regelt die Meßspannung unabhängig von Schwankungen der Hilfsspannungen (bis ± 15 % zulässig) richtig ein. Der Drehzahlkompensator liefert eine dem jeweiligen Meßwert entsprechende Spannung von 0···10 V. Die Verzögerung bei der Umwandlung der Meßgröße in eine verhältnisgleiche Hilfsspannung beträgt etwa 5 s bei einer plötzlichen Meßwertänderung von 0 auf den Höchstwert. Falls erforderlich, kann diese Verzögerung jedoch durch einen einfachen Zusatz praktisch gleich Null gemacht werden. Abb. 3 zeigt Ausschnitte aus zwei Schreibstreifen, von denen der untere einem unmittelbar an die Meßwandler angeschlossenen Schreibgerät entstammt, während der obere Streifen durch ein an einen Drehzahlkompensator mit Zusatz angeschlossenes Schreibgerät aufgezeichnet wurde.

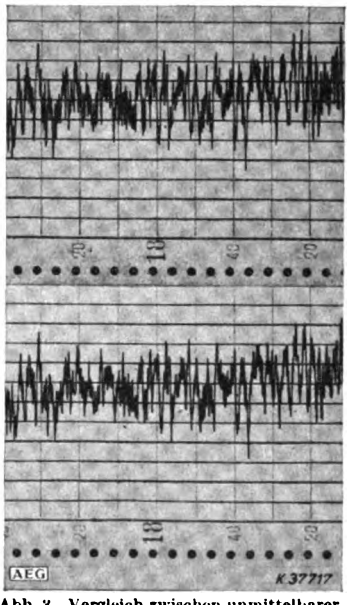


Abb. 3. Vergleich zwischen unmittelbarer Messung und Messung mit Drehzahlkompensator.

Für die Summen- oder Differenzbildung liefern die von den einzelnen Drehzahlkompensatoren eingeregelten Spannungen Hilfsströme, die dem Summeninstrument zugeführt werden.

Wenn für Gleichstromübertragung geeignete Fernleitungen zur Verfügung stehen, kann das Drehzahl-Kompensationsverfahren bei nicht allzugroßen Entfernungen auch zum Fernmessen verwendet werden. Die Genauigkeit der Anzeige wird jedoch durch die bei Temperaturschwankungen auftretenden Widerstandsänderungen der Fernleitungen beeinträchtigt. Bei einer Entfernung bis zu 10 km zwischen Drehzahlkompensator und Anzeigegerät kann bei Verwendung von Fernsprech-Erdkabeln mit 0,8 mm Aderdurchmesser der zusätzliche Temperaturfehler vernachlässigt werden.

Digitized by Google

Am 3. November 1936 verschied unerwartet im 42. Lebensjahr der Leiter unserer Entwicklungs-Abteilung

Herr Dr.-Ing.

GUIDO ANDERS

In dem so früh aus dem Leben Geschiedenen verlieren wir einen genialen Mitarbeiter von großer Schaffenskraft, von dessen Wirken wir noch viel für unsere Gesellschaft erwarten durften. Seinen Arbeitskameraden war er stets ein guter, hilfsbereiter Freund.

Seinen Namen und sein Wirken für unsere Gesellschaft werden wir für immer in ehrenvoller Erinnerung bewahren.

BERLIN SO 36, den 4. November 1936 [7906]

Graetz Radio G. m. b. H.

Stellengesuche

Dipl.-Ing.

31 J., 1932 Examen an der T. H. Berlin, Starkstromtechnik, Elektrizitätswirtschaft, sucht Anfangsstellung. Ang. erb. unt. E. 7901 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Sudetendeutscher

Elektrotechniker

26 J. alt, Absolv. H. T. L. sucht Arbeit oder Anfangsstellung in einschläg. Betrieben. Angebote erbeten unter E. 7903 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Zähler-Fachmann

in ungekündigter Stellung, sucht neuen Wirkungskreis. Durch langjährige Ingenieurtätigkeit bestens vertraut mit allen vorkommenden Arbeiten im Laboratorium, Eichraum und Reparatur-Abteilung sowie im Umgang mit den Abnehmern. Beste Zeugnisse und Referenzen vorhanden. Reflektiert wird auf einen ausbaufähigen Posten.
Gefl. Angebote unter E. 7885 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Maschinenschlossermeister und Elektriker

34 Jahre, unverheiratet, zielbewußt energisch, sicherer Disponent mit kaufmännischem Einschlag, Realschulbildung, seit 1925 staatl. Meisterprüfung, durchaus perfekt in Maschinenmontage und -Reparatur, Hochvolt- und Niederspannungs-Schaltanlagen, Dreh- und Wechselstrom, Kabelverlegung, Elektromotoren-Reparatur, reiche Erfahrungen in Dampf-, Wasser-, Explosionsmotoren, Wärme- und Heizapparaten, staatliche Autogen-Schweißprüfungen, **sucht** seinen Kenntnissen entsprechende **Stellung** in Überwachung kompl. Industrieanlagen od. Werkstättenltg. Ang. erb. u. E. 7914 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Diplom-Ingenieur der Elektrotechnik

35 Jahre, gewandt und seit Jahren erfahren im Verkehr mit Behörden und Privaten sucht selbständige Stellung als

Verkaufsleiter oder Direktionsassistent

Aus der Nachrichtentechnik hervorgegangen, reiche theoretische und praktische Erfahrungen, besonders erfolgreich in der Planung und Einführung schwieriger Objekte und Neuentwicklungen. Gute Auffassungsgabe, Initiative und zielsicheres Arbeiten.

Angebote unter E. 7913 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Auslandsdeutscher, El.-Ing.

Pg., Mitte 30, gute Schulbildung, mit in 9jährigem Aufenthalt in USA. erworbenen guten Sprach- u. Allgemeinkenntnissen, gew. Auftreten, wünscht sich in entspr. Stellung baldigst zu verändern. Ev. kaufmännische Tätigkeit. Angebote erbeten unter E. 7895 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Elektro-Ingenieur

erfahren in Akquisition und Projektion elektr. Anlagen, von alteingeführter Firma **gesucht.** Ausführl. Bewerbungen mit lückenlosen Zeugn., Lebenslauf, Gehaltsanspr., Ref. u. Bild erbeten. [7842]

Hempel, Krischker & Co., Chemnitz, Poststraße 57.

SIEMENS

DIPLOMINGENIEURE

als **Reiseingenieure** für

Bauleitung, Inbetriebsetzung, Messungen, Untersuchung von Betriebsschwierigkeiten usw. zu baldigem Eintritt gesucht.

Bedingung: Erfahrung i. Prüffeld u. Berechnung.

Bewerbungen mit eigenhändig geschriebenem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten unter Kennwort „MA 24“ an die

Siemens-Angestellten-Vermittlungsstelle
Berlin-Siemensstadt, Verwaltungsgebäude [7720]

Westdeutsches Hüttenwerk sucht für die Elektrotechnische Abteilung einen

Diplom-Ingenieur

möglichst mit mehrjähriger Betriebs-Erfahrung. Kenntnisse auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik erforderlich. Bewerbungen mit Lebenslauf, Gehaltsansprüchen. Referenzen und frühestem Eintrittstermin erbeten unter **D. O. 5929** an **Ala Anzeigen A. G. Essen.** [7919]

Erfahrener Diplom-Ingenieur

für elektrotechnische Reparaturwerkstatt in Westdeutschland **als Betriebsleiter gesucht.** Bewerbungen mit Zeugnissen über die bisherige Tätigkeit, mit Lichtbild und Angabe des Gehaltsanspruches unter **E. 7876** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Fortsetzung auf Seite 1b

Digitized by Google

Neue Schutzeinrichtung für Hochspannungsmotoren mit großen Anlaufströmen*).

Mitteilung der AEG.

Hochspannungsmotoren für unmittelbares Schalten, ausgeführt als Drehstrom-Asynchronmotoren mit Stromverdrängungsläufern oder als Synchronmotoren mit asynchronem Anlauf, werden wegen ihrer einfachen Ausführung und großen Betriebsicherheit immer mehr verwendet. In früheren Jahren hatten diese Motoren nur kleine Nennleistungen; heute legt man sie schon für mehr als 4000 kW aus. Die großen Einheiten finden vorwiegend in Industrieanlagen mit eigener Stromerzeugung Eingang.

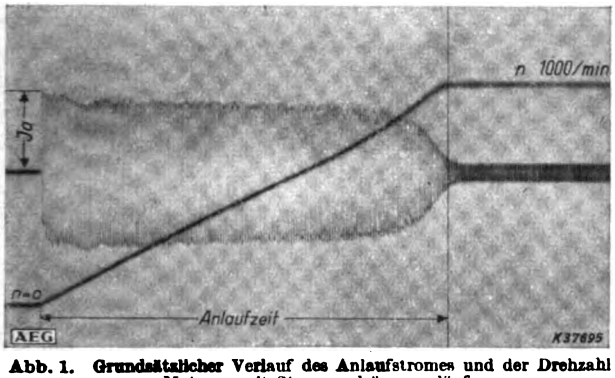


Abb. 1. Grundsätzlicher Verlauf des Anlaufstromes und der Drehzahl von Motoren mit Stromverdrängungsläufern.

Die Aufgabe, derartige Motoren gegen die Auswirkungen von Ueberlastungen und Kurzschlüssen durch rechtzeitiges Abschalten einwandfrei zu schützen, ist in vielen Fällen nicht einfach, da die Anlaufströme, die das 3- bis 8fache des Motor-Nennstromes betragen, schon bei Leeranlauf 30 s und länger andauern können (Abb. 1). Die von der AEG für solche Motoren entwickelte Schutzeinrichtung (Abb. 2) löst die Aufgabe in einfacher Weise. Sie besteht aus zwei einpoligen, abhängigen Ueberstromzeitrelais A und einem Langzeitrelais (Sperrelais) B.

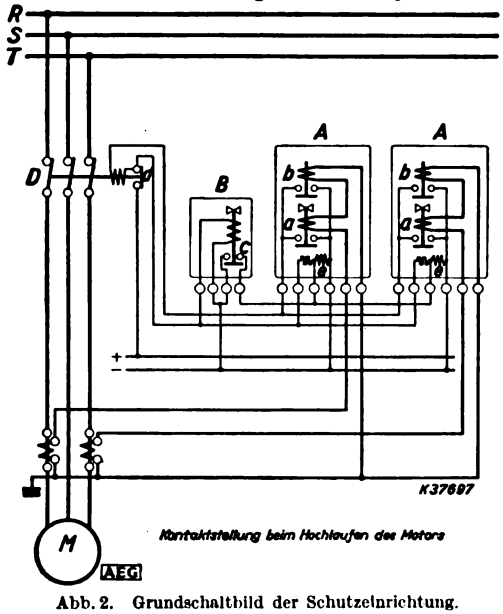


Abb. 2. Grundschaltbild der Schutzeinrichtung.

Die Ueberstromzeitrelais A arbeiten nach dem Induktionsgesetz und haben gleichen Aufbau. Jedes von ihnen hat außer einem Ferraris-Triebwerk a einen Elektromagneten b für unverzögerte Auslösung bei hohen Kurzschlußströmen. Die Zeitkennlinien der Relaisglieder a (Abb. 3, stromabhängiger Bereich) können durch Aenderung des Kontaktweges mit einer Kordelschraube bequem eingestellt werden. Der Ansprechstrom der Relaisglieder a kann zwischen dem 0,8- und 2,4fachen Nennstrom verändert werden. Die Klappankermagnete b lösen sofort aus, d. h. in 1···3 Halbperioden, wenn der an einer Eichskala einstellbare Ansprechstrom, z. B. der 8···14fache Nennstrom, erreicht ist. Das Ueberstromzeitrelais A kann für beliebige Nennströme, auch für solche unter 1 A ausgeführt werden; seine Leistungsaufnahme beträgt nur etwa 5 VA bei Nennstrom. Die Kontakte der beiden Relaisglieder a und b schließen sich schlagartig und sind so kräftig ausgeführt, daß Zwischenschütze für die Betätigung des Schalters D entbehrlich sind.

Das Sperrelais B ist ein Langzeitrelais mit Anzugsverzögerung, das 30···120 s nach dem Einschalten den Arbeitskontakt c schließt und damit die Auslösung für die Relaisglieder a der Relais A vorbereitet (Abb. 2).

Die Schutzeinrichtung wirkt folgendermaßen:

Bei ausgeschaltetem Schalter D ist die Erregung des Langzeitrelais B unterbrochen und dessen Kontakt c offen. Wird nun der Schalter D eingelegt und dadurch der Hilfskontakt d geschlossen, so läuft das Langzeitrelais an und schließt seinen Kontakt c nach Ablauf der eingestellten Zeit, die größer ist als die übliche Anlaufzeit des zu schützenden Motors. Bei gewöhnlichem Anlauf des Motors sind inzwischen die Relaisglieder a wieder in ihre Ausgangstellung zurückgekehrt. Eine anschließend auftretende Ueberlastung wird infolge des nunmehr vorbereiteten Auslösestromkreises nach der eingestellten Zeit-Stromkennlinie erfaßt. Die Kurzschlußauslösung (Schnellauslösung) b ist dagegen sowohl beim Anlaufen als auch im Betrieb des Motors arbeitsbereit.

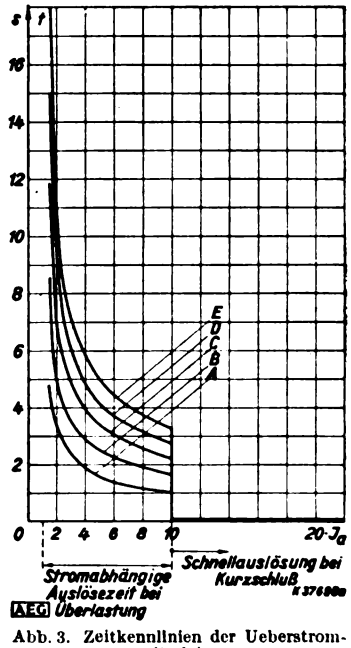


Abb. 3. Zeitkennlinien der Ueberstromzeitrelais.

Dadurch, daß die hohen Anlaufströme des zu schützenden Motors die Ferraris-Triebwerke a während der Sperrzeit nicht zum Auslösen bringen können — die Sperrmagnete e halten sie fest —, kann die Schutzeinrichtung gegen betriebsmäßige Ueberlastungen sehr empfindlich eingestellt werden.

Da die Schutzrelais A nur eine kleine Leistung bei Nennstrom aufnehmen und für sehr kleine Nennströme ausgelegt werden können, ist die Anwendung der kurzschlußfesten und preiswerten Stabstromwandler auch bei kleinen Nennströmen möglich.

Bei dieser Schutzeinrichtung wird streng zwischen Anlauf-, Ueberlast- und Kurzschlußströmen unterschieden. Die Lösung der drei Einzelaufgaben wird dabei drei getrennten Gliedern zugewiesen. Das Sperrelais B überwacht die Anlaufströme, das Ferraris-Triebwerk die Ueberlastströme und der unverzögert wirkende Elektromagnet die Kurzschlußströme. Das stromabhängige Ablaufglied a wird durch das Sperrelais B von der Ueberwachung der Anlaufströme entlastet; diese Maßnahme wirkt sich gegenüber den bekannten Ausführungen bezüglich der Ueberwachung der Ueberlastströme besonders günstig aus.

Heute sind bereits über 50 Hochspannungsmotoren mit der beschriebenen AEG-Schutzanordnung mit gutem Erfolg in Betrieb. Viele von diesen Motoren haben Nennströme, die unter 30 A liegen und sogar bis 13 A herunterreichen.

*) S. auch M. Walter, AEG-Mitteilungen 1936, H. 10, S. 357.

Digitized by Google

Stellengesuche

Export-Fachmann

36 Jahre alt, gründliche Kenntnisse des heutigen Exports, langjährige Auslandspraxis (Europa und Lateinamerika), fließend Spanisch, Portugiesisch, Französisch und Englisch, sucht neuen Wirkungskreis als

Exportleiter, Filialleiter Übersee, Auslandsreisender

besonders dort, wo neben reichen kaufmännischen Erfahrungen auch technische Kenntnisse (spez. Hochfrequenz- u. Meßtechnik) verlangt werden. Angebote erbeten unter **E. 7939** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Kaufmann

mit guter elektrotechn. Fachbildung sucht Stellung an Elektrizitätswerk oder in der Industrie. Gute Branche- und Materialkenntnisse in Hoch- u. Niederspannung. Alter 30 Jahre, ledig. Gefl. Zuschriften erbeten unter **E. 7930** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektrotechniker, Fachschule m. prakt. Meisterprüf., 39 J., Erfahrung in Installation, Ortsnetz-, Stationsbau, Prüffeldtechnik, Werkstatt, Dampf- u. Verbrennungskraftmaschinen, als Revisor tät. gewes., selbständig. Arbeit., zum Teil im Ausland, gewöhnt, sucht entsprechenden, verantwortungsvollen Wirkungskreis bei Behörden oder größeren Werken in Dauerstellung. Ang. erb. a. **J. Herdes, Lübeck,** Sandstr. 20. [7953]

Zeichner ● Techniker
langjähr. Tätigkeit b. gr. Elt.-Werken, erfahr. in Projektion u. Bau von Höchstspannungsleitungen, sucht sich in entwicklungsf. Stelle zu veränd. Ang. u. **E. 7942** an die Anz.-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektroingenieur (Kraftwerke) Auslandsdtsch., 34 J., vh., energ., im Ausl. stud., sehr gute prakt. Erfahrung., z. Z. ungekünd., s. Anstellg. a. **Leiter einer Elektroabteilung,** erwünscht mit Kraftwerk in irgendeinem großen Werke. Angeb. erb. u. **E. 7961** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Diplomingenieur,
34 Jahre alt, m. langjähr. Erfahr. in Projektierung u. Bau v. Schaltanlagen, Hoch- u. Niederspannungsfreileitungen, Ortsnetzen, Beleuchtungsanlagen usw. bei Großfirm., ungekünd., sucht sich in verantwortungsvolle, leitende Stellung bei Überlandwerk, Industrie od. Behörden zu verändern. Angeb. erb. unt. **E. 7962** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

ETZ-Anzeigen
verbürgen
großen Erfolg!

Stellenangebote

Gesucht wird zum möglichst baldigen Antritt ein junger

Dipl.-Ing.

der Fachrichtung Starkstromtechnik

zur Bearbeitung von Prüfungsanträgen für schlagwettergeschützte elektrische Betriebsmittel.

Angebote mit ausführlichem, handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Gehaltsanspruch und Angabe, wann der Dienstantritt erfolgen kann, sind zu richten an

[7928] **Versuchsstrecke, Dortmund-Derne.**

Gesucht für

Elektromaschinenbau

Konstrukteure mit Praxis im mittleren Maschinenbau (bis 400 kW) für Dauerstellung.

Elektr. Apparatebau

Konstrukteure möglichst mit Erfahrungen im Bau von Anlassern, Steuerwalzen und Schaltanlagen für Schiffsausrüstungen.

Bewerbungen mit Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Zeugnisabschriften unter Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten unter **E. 7943** an die Anzeigen-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

An den Höheren Technischen Staatslehranstalten in Bremen, Abteilung Elektrotechnik, ist zum 1. April 1937 die Stelle eines

wissenschaftlichen Lehrers [7955]

zu besetzen. Die Anstellung erfolgt auf Privatdienstvertrag nach den Bestimmungen des Bremischen Angestelltentarifvertrages. Das Grundgehalt beträgt (wie in Preußen) 4600.– bis 8400 RM jährlich, dazu Wohnungsgeldzuschuß nach Ortsklasse A. Diese Bezüge unterliegen den gesetzlichen Gehaltskürzungsbestimmungen. Bei Bewährung ist spätere feste Anstellung in Aussicht genommen. — Bewerber müssen die Dipl.-Hauptprüfung, Fachrichtung Elektrotechnik, bestanden haben und eine möglichst fünfjährige Praxis in Konstruktion und Prüffeld nachweisen können. Polit. Zuverl. und einwandfr. Gesundheit sind Bedingung. — Bewerb. m. Lebensl. u. Zeugnisabschr. sind bis z. 20. Dez. 1936 a. d. **Landesschulbehörde,** Abt. Berufs- u. Fachschulen, Bremen, Georgstraße 5, zu richten.

Bremen, den 10. Nov. 1936. **Das Staatliche Personalamt.**

Junger Diplom-Ingenieur

der Elektrotechnik als Betriebsassistent für die Überwachung der elektrischen Anlagen gesucht. Erfahrungen im Prüffeld erwünscht.

Bewerbungen mit selbstgeschriebenem Lebenslauf, Lichtbild und Zeugnisabschriften unter Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermines erbeten an die **Personalabteilung der Hoesch-Köln-Neuessen Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb, Dortmund, Eberhardstr. 12.** [7958]

Wir suchen zum baldigen Eintritt

Projekten-Ingenieur

mit Erfahrung in der Projektierung von Verteilungsanlagen, Aufzugs-, Pumpen-, Werkzeugmaschinensteuerungen usw.

„Rheostat", Spezialfabrik elektr. Apparate, Edmund Kussi, G. m. b. H., Dresden-N. 23. [7952]

Wir suchen mehrere tüchtige und erfahrene

Kolonnenführer

für Ortsnetz- und Hochspannungs-Freileitungsbau.

Angebote zu richten, unter Beifügung von Zeugnissen an:

Baugesellschaft für elektrische Anlagen, G. m. b. H., [7927] **Saarbrücken 3,** Dudweiler Straße 5.

Dipl.-Ing. als Lehrer der Elektrotechnik
für Elektromaschinenbau u. für Schwachstromtechnik gesucht. Gehalt nach RAT. Gruppe X. [7932]
Städtische Ingenieurschule Strelitz i. Mecklenburg

Fortsetzung auf Seite 18

Digitized by Google

Hochspannungs-Freileitungen mit schwenkbaren Auslegern.

Mitteilung der AEG.

In Gebieten, in denen bei Hochspannungs-Freileitungen während der Wintermonate erfahrungsgemäß größere Zusatzlasten durch Rauhreif und Eisbehang auftreten, hat sich fast allgemein die Anordnung der Leiter in einer Ebene durchgesetzt, um die bei übereinander angeordneten Leitern oft beobachtete unzulässige Näherung oder gar ein Zusammenschlagen der einzelnen Leiterseile durch ungleichmäßig abgeworfene Zusatzlast sicher zu vermeiden. Wie erheblich die durch ungleichmäßigen Eisbehang entstehenden Unterschiede in der Größe der Seildurchhänge sein können, ist aus Abb. 1 zu erkennen.

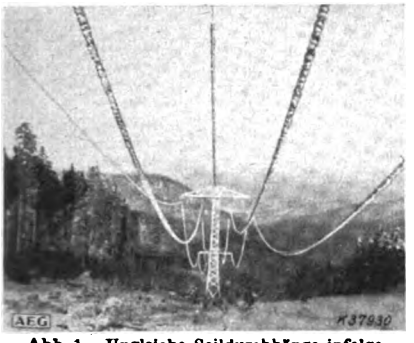


Abb. 1. Ungleiche Seildurchhänge infolge verschieden großer Eislast.

Die Anordnung der Leiter in einer Ebene bedingt bei Weitspannsystem und höheren Betriebspannungen größere Ausladungen der Mastausleger, wodurch starke Verdrehungsbeanspruchungen der Maste bei einem etwaigen Seilbruch hervorgerufen werden. Nach den Vorschriften für den Bau von Freileitungen (VSF 1930 des VDE) müssen die Freileitungsmaste diesen Verdrehungsbeanspruchungen gewachsen sein, so daß bei Verwendung von starren Auslegern sehr schwere und kostspielige Maste entstehen.

Große Schwierigkeiten bereitet es oft, die richtige Größe der zu erwartenden Eiszusatzlasten zu bestimmen, da zuverlässige Angaben erfahrungsgemäß nur schwer zu erhalten sind. Man muß dann wählen zwischen starker Ueberbemessung der Maste, um ausreichende Sicherheit zu erreichen, und der Gefahr, daß trotz Berücksichtigung von größeren Zusatzlasten die Maste bei besonders ungünstigen Verhältnissen zu Bruch gehen und kostspielige Betriebsunterbrechungen und Störungen verursachen (Abb. 2).

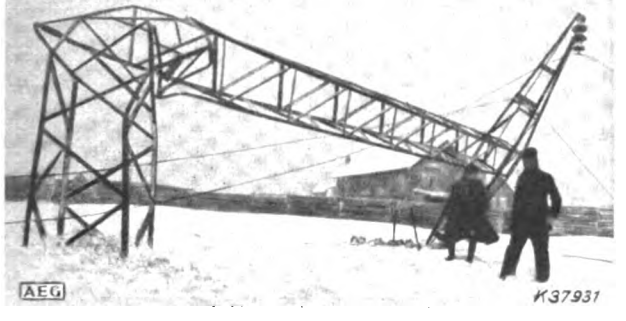


Abb. 2. Umgestürzter Tragmast mit starren Auslegern.

Schwenkbare Ausleger nach AEG-Bauart sind bei Tragmasten hier sehr vorteilhaft und wirtschaftlich. Man erzielt bedeutende Gewichtsersparnis gegenüber Masten mit starren Auslegern, weil eine Ueberbemessung und eine Berechnung auf Verdrehung nicht erforderlich sind. Auch auf die Beförderungs- und Aufstellungskosten wirkt sich das geringere Mastgewicht in günstigem Sinne aus.

Tragmasten mit schwenkbaren AEG-Auslegern (Abb. 4) werden vollkommen von den gefährlichen Verdrehungsbeanspruchungen entlastet. Die geneigte Drehachse gewährleistet ohne besondere Hilfskonstruktionen gute Stoßdämpfung und Stabilität der Ausleger, indem bei Ausschwingung die unbeschädigten Leiterseile angehoben werden. Die beträchtliche, hierbei zu leistende Arbeit bewirkt eine starke selbsttätige Bremsung, die um so größer ist, je weiter die Ausschwingung aus der Normallage erfolgt. Nach Behebung einer vorübergehenden Störung kehren die Ausleger von selbst wieder in ihre Ausgangslage zurück, ohne daß irgendwelche Arbeiten an den Auslegern erforderlich werden.

Mit Schwenkauslegern wird somit höchste Betriebsicherheit bei geringstem Baustoffaufwand erreicht. Diese erhebliche Werkstoffersparnis ist auch volkswirtschaftlich von wesentlicher Bedeutung.

Abb. 3. Umbau einer alten Leitung; links: alte Anordnung, rechts: neue Anordnung mit schwenkbaren AEG-Auslegern.

Ein beachtenswerter Vorzug der schwenkbaren Ausleger ergibt sich ferner auch aus der Möglichkeit, alte, betrieblich nicht zuverlässige Leitungen mit verhältnismäßig geringen Mitteln in vollwertige, neuzeitliche Leitungen umzugestalten. Eine Veränderung der Maste ist hierbei nicht erforderlich, da sie keine höhere Beanspruchung als vorher auszuhalten haben. Es ist lediglich eine Auswechselung der Mastausleger und gegebenenfalls der Isolation erforderlich. Durch geeignete Anbringung der neuen Ausleger ist es möglich, Stütz-Isolator-Leitungen mit Dreiecksanordnung in hochwertige Hänge-Isolator-Leitungen mit Leitern in einer Ebene bei gleichen Seilzügen umzubauen und trotzdem den ursprünglichen Bodenabstand beizubehalten. Bei Doppelleitungen

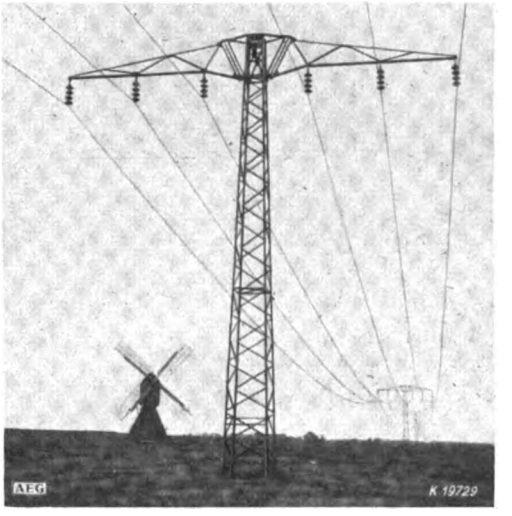
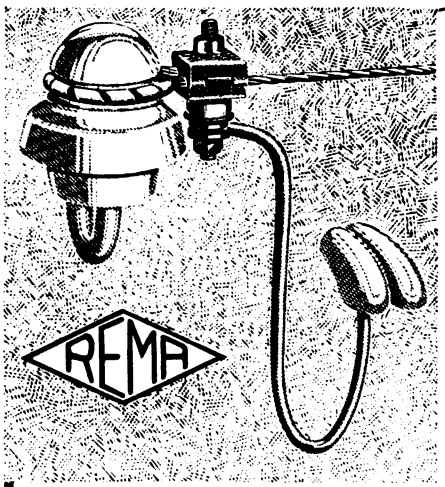


Abb. 4. Neuzeitliche Freileitung mit schwenkbaren AEG-Auslegern.

können die erforderlichen Arbeiten sogar ohne Betriebsunterbrechung durchgeführt werden.

Abb. 3 zeigt den Umbau einer 50-kV-Doppelleitung mit Dreiecksanordnung in eine neuzeitliche Leitung mit waagerechter Leiteranordnung. Während der linke Stromkreis unter Spannung stand, ist die Leitung der rechten Mastseite umgebaut worden. Nach der Umschaltung auf die neue Leitung kann dann die Umgestaltung des zweiten Stromkreises vorgenommen werden. Auf dem Bild sind die schräge Drehachse sowie die unter Beibehaltung des ursprünglichen Bodenabstandes erzielten wesentlich größeren Phasenabstände zu erkennen.

Digitized by Google



Alcu-Endbund-Klemmen

Alcu-Abzweig-Klemmen

Alcu-Kabelschuhe

Alu-Schweiß- und Lötkabelschuhe

sowie sämtliche anderen Verbindungsmaterialien für Freileitungs- und Kabelnetzbau

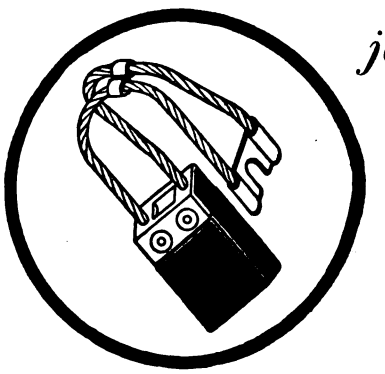
RICHARD MÜLLER & CO.

Fabrik elektrotechnisch. Spezialartikel, Kokillengießerei

BORSDORF Bezirk **LEIPZIG 1**

Industriestraße 5 Fernsprecher 418

Kohlebürsten



jeder Art für **alle** *Zwecke*

· **Bürstenhalter** * **Kontaktteile**

RHEINISCHE KOHLENBÜRSTENFABRIK Akt.-Ges.

AHRWEILER (Rhld.)

Läger in allen Teilen des Reiches

DRP DRGM

„Wiska"

Übergangsköpfe

4×6 mm²

2×2,5 mm²

zur **Verbindung** von **Feuchtraumleitungen** NBEU, NRUr und dergl. mit **Freileitungen** brauchen **nicht ausgekittet** zu werden.

Vollständig **gekapselter Klemmenraum!**

Verlangen Sie unverbindlich Angebot

HOPPMANN & MULSOW

HAMBURG 19

Soeben erschienen:

VDE-FACHBERICHTE 1936

53 auf der 38. Mitgliederversammlung des VDE in München erstattete Fachberichte nebst anschließenden Besprechungen

187 Seiten Din A 4 mit 276 Abbildungen im Text, dazu 53 einseitig gedruckte Kurzreferate der einzelnen Berichte mit DK-Zahlen usw. als Inhaltsfahnen zur karteimäßigen Auswertung.

INHALT:

Gruppe A I.	Kraftwerke
Gruppe A II.	Bau und Betrieb von Netzen
Gruppe A III.	Relais und Schutzschaltungen
Gruppe B I.	Messung
Gruppe B II.	Industrielle Anwendungen
Gruppe B III.	Elektrische Bahnen
Gruppe C I.	Maschinen und Transformatoren
Gruppe C II.	Stromrichter
Gruppe C III.	Lichttechnik
Gruppe D I.	Steuerung und Regelung
Gruppe D II.	Schaltgeräte
Gruppe D III.	Schaltvorgänge
Gruppe E I.	Fernmeldetechnik
Gruppe E II.	Hochfrequenztechnik

kartoniert RM **10.20** für VDE-Mitglieder RM **6.80**
Halbleinen RM **13.50** für VDE-Mitglieder RM **9.—**

VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER

Verlagsabteilung. Berlin-Charlottenburg 4. VDE-Haus

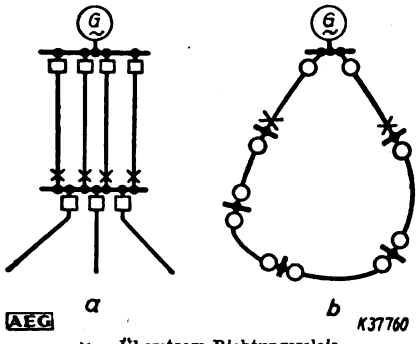
Digitized by Google

Überstrom-Richtungsrelais RRSw für Wandlerstromauslösung.

Mitteilung der AEG.

Die Wandlerstromauslösung hat sich bei Ueberstromzeitrelais und Distanzrelais gut bewährt. Nunmehr werden auch Richtungsrelais, bei denen bisher noch eine Hilfsspannung erforderlich war, von der AEG für Wandlerstromauslösung geliefert.

Das Ueberstrom-Richtungsrelais RRSw für Wandlerstromauslösung ist zum Schutze von Mehrfach-Drehstromleitungen (Abb. 1 a) und für die Anschlußleitungen der Kraftwerke in Ringnetzen und vermaschten Netzen (Abb. 1 b) bei isoliertem oder über Widerständen (Drosseln) geerdetem Sternpunkt bestimmt. Es wird als einsystemiges Relais ausgeführt und gleicht im Aufbau weitgehend dem bekannten Ueberstrom-Richtungsrelais RRS für Gleichstromauslösung[1]). Für die Ausrüstung eines Drehstromendes (Schalters) ist somit neben zwei Stromwandlern und einem Spannungswandlersatz nur ein Relais erforderlich. Eine Hilfsspannung ist nicht notwendig, da auch die Auslösespule des Schalters durch den Strom des Wandlers betätigt wird. Das Relais (Abb. 2) besteht aus zwei Ueberstrom-Anregegliedern (im Bild unten), einem einpoligen Richtungsglied (Mitte) und einem Hilfsschütz nebst Hilfswandler für die Wandlerstromauslösung (oben).



× = Überstrom-Richtungsrelais,
□ = Überstrom-Zeitrelais,
○ = Distanzrelais,
G = Stromerzeuger.

Abb. 1. Anwendung des Überstrom-Richtungsrelais bei Mehrfachleitungen (a) und in Ringnetzen (b).

Das von der AEG vor wenigen Jahren entwickelte eisengeschlossene, elektrodynamische Richtungsglied hat selbst bei der kleinen Ansprechleistung von 1,5 VA ein so großes Drehmoment, daß es einen Kontakt unmittelbar zu betätigen vermag. Es war also nur notwendig, in dem einsystemigen Ueberstrom-Richtungsrelais RRS für Gleichstromauslösung das für die Betätigung des Schalterauslösers im Relais vorhandene Hilfsschütz durch eine für die Auslösung mit Wandlerstrom geeignete Ausführung zu ersetzen. Hier lag es nahe, ein bereits bei mehreren Formen verwendetes halbselbsttätiges Schütz zu wählen.

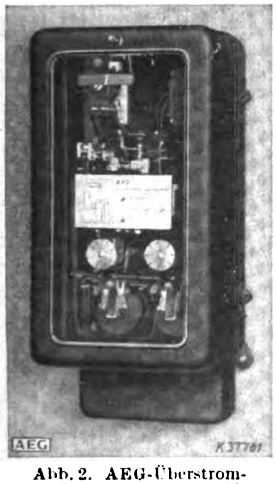
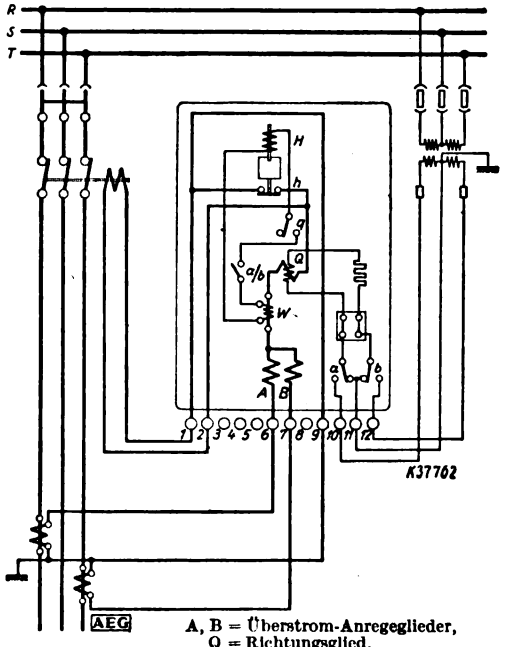


Abb. 2. AEG-Überstrom-Richtungsrelais RRSw für Wandlerstromauslösung.

Dieses Schütz zeichnet sich durch kleinen und zudem nur für einen Augenblick erforderlichen Eigenverbrauch (1,5 VA) und große Schaltleistung (etwa 4000 VA) aus. Der mit großem Druck schließende, versilberte Fallkontakt kann 200 A während 6 s sicher führen und hierauf mit Unterstützung eines Wolfram-Vorkontaktes selbst bei den größten vorkommenden Leistungsaufnahmen den Auslöser einwandfrei schalten. Mit dem Fallkontakt ist eine Fallklappe verbunden, die von Hand wieder zurückgestellt werden kann. Bei betriebsbereitem Relais ist die Fallklappe unsichtbar.

Zur Betätigung des Schützes durch das Richtungsglied dient eine dem Hilfswandler W (Abb. 3) entnommene Hilfsspannung. Der Hilfswandler ist so ausgelegt, daß er bereits bei kleinem Strom eine für die Betätigung sicher ausreichende Spannung erzeugt, welche jedoch bei Kurzschlußströmen vom 40fachen Nennwert nur auf den 3 ··· 4fachen Wert ansteigt. Dadurch ist der Kontakt des Richtungsgliedes und die Spule des Hilfsschützes vor schädlichen Beanspruchungen durch hohe Kurzschlußströme geschützt.

Durch die bei AEG-Relais mehrfach verwendete Sparschaltung (Abb. 3) wird erreicht, daß für die dreipolige Schutzschaltung nur ein einphasiges Richtungsglied und ein einpoliges Auslöseglied erforderlich sind. Der Strompfad dieser Glieder wird dauernd vom Differenzstrom zweier Leiter durchflossen. Im Kurzschlußfall erhält der Spannungspfad des Richtungsgliedes die fehlergetreue Spannung über die Umschaltkontakte der Ueberstrom-Anregeglieder. Fließt die Leistung zur Sammelschiene, so bleibt das Meßwerk des Richtungsgliedes an einem Blindkontakt liegen und sperrt. Fließt die Leistung zur Leitung, so schließt es den Kreis der Hilfsspannung, wodurch der Kontakt des Hilfsschützes zum Fallen gebracht wird. Der Wandlerstrom fließt nun über die Auslösespule des Schalters und schaltet diesen aus.



A, B = Überstrom-Anregeglieder,
Q = Richtungsglied,
H = Hilfsrelais, W = Hilfswandler,
a, b, h, q = Von A, B, H bzw. Q betätigte Kontakte,
a/b = Von A oder B betätigter Kontakt.

Abb. 3. Schaltung des AEG-Überstrom-Richtungsrelais RRSw.

Die Kennzahlen des Überstrom-Richtungsrelais RRSw sind:

Nennspannung	110 V
Nennstrom	5 A
Frequenz	40 ··· 60 Hz
Ansprechstrom der Ueberstromglieder	1,2 ··· 2facher Nennstrom
Halteverhältnis	etwa 1,2
Ansprechleistung des Richtungsgliedes	1,5 VA bei 5 A
Leistungsaufnahme	
jedes Ueberstromgliedes	6,5 VA
des Differenzstrompfades	6,5 VA
des Spannungspfades	30 VA bei 110 V (nur beim Ansprechen)
Kontakte	1 halbselbsttätiger Ruhekontakt
Ausschaltleistung	4000 VA
Abmessungen	etwa 205 × 400 × 140 mm
Gewicht	etwa 7,5 kg

Das Relais wird in einem mattschwarzen, staubdichten und spritzwassersicheren Gehäuse geliefert. Das Gehäuse hat ein großes Fenster, das einen guten Einblick in das Relaiswerk gestattet. Die unten aus dem Gehäuse herausgeführten Klemmen sind durch eine getrennte Klemmenkappe abgedeckt. Sie erlauben vorderseitigen und rückseitigen Anschluß.

[1]) S. auch AEG-Druckschrift Rs/V 1244.

Digitized by Google

Papier

für die elektrotechnische Industrie

speziell

Isolierpapier

für Stark- u. Schwachstrom in Röllchen von 2mm an aufwärts

Kondensatorpapier

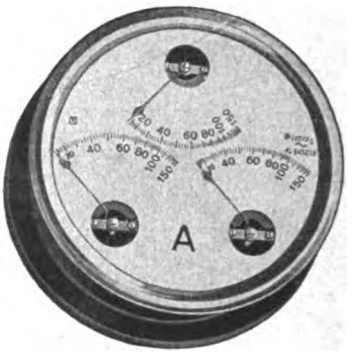
Dicke von 0,0065 mm aufwärts

Schoeller & Hoesch G.m.b.H.

Gernsbach i. Baden

K

Dreifach-Amperemeter



zur dauernden Überwachung und gleichzeitigen Ermittlung des Stromes der drei Phasen in Drehstrom-Netzen

Sämtliche Instrumente nach den neuesten Vorschriften des V.D.E.

EXCELSIOR-WERK
RUDOLF KIESEWETTER
LEIPZIG 2 C1

Aufzüge

für Personen und Lasten
zweckentsprechend nach neu normalisierter Konstruktion
in Reihenfertigung

preisgünstig bei kurzer Lieferzeit

Maschinenfabrik Wiesbaden A.G.
Abteilung Aufzugsbau

FERNSPRECH-ANLAGEN
für Behörden
Stationen u. Zentralen für alle Zwecke

FERNSCHREIBER
für schnellen und sicheren Fernschriftverkehr

FUNK-STATIONEN
Sender und Empfänger jeder Reichweite und Leistung

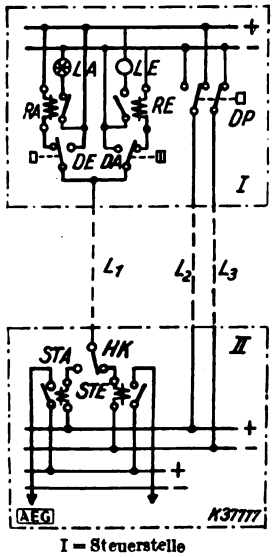
C. LORENZ
Über 50 Jahre Lorenz-Fernmelde-Technik
AKTIENGESELLSCHAFT • BERLIN-TEMPELHOF

Digitized by Google

Das AEG-Eindraht-Fernsteuerverfahren.

Mitteilung der AEG.

Die Kosten der zwischen Steuerstelle und ferngesteuertem Werk notwendigen Hilfsleitungen bilden einen wesentlichen Teil der Gesamtkosten von Fernsteueranlagen. Aus wirtschaftlichen Gründen muß daher bei Fernbedienungsanlagen die Anzahl der Fernsteuerleitungen durch entsprechenden Aufbau der Schaltung so weit wie möglich verringert werden. Bei dem Eindrahtverfahren wird außer zwei für alle Schalter eines Werkes gemeinsamen Leitungen je Schalter ein Fernsteuerdraht für die Steuerung und Rückmeldung gebraucht. In bezug auf die Anzahl der Fernleitungen ist das Eindrahtverfahren also im Nachteil gegenüber dem Wählerverfahren, bei dem für die Fernsteuerung und Stellungsmeldung praktisch beliebig vieler Schalter nur ein einziger Übertragungskanal – z. B. eine zweiadrige Leitung oder ein Tonfrequenz- oder Hochfrequenzkanal – erforderlich ist. Die Anwendung des Eindraht-Fernsteuerverfahrens ist daher auf die Fälle beschränkt, in denen die Kosten der Fernsteuerleitungen gering sind, d. h. also bei geringen Entfernungen und verhältnismäßig wenigen Schaltern. Im Vergleich mit der Wählersteuerung hat die Eindrahtsteuerung jedoch den Vorteil der einfacheren Schaltung.



I = Steuerstelle
II = Gesteuertes Werk
$L_1 \cdots L_3$ = Fernsteuerleitungen
HK = Hilfskontakt
DP = Prüfdruckknopf
DE, DA = Steuerdruckknöpfe
LE, LA = Meldelampen
STE, STA = Schaltrelais

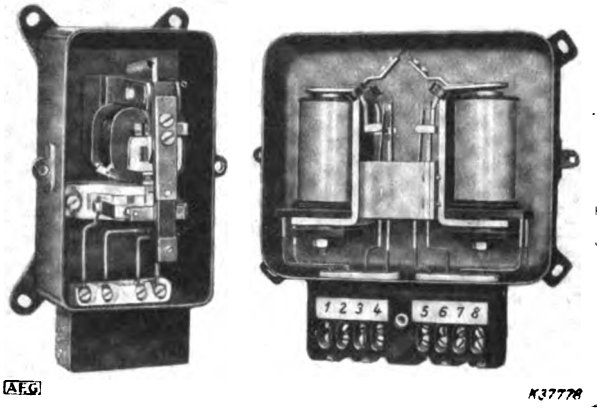
Abb. 1. Grundschaltung des Eindrahtverfahrens.

Die Grundschaltung des AEG-Eindrahtverfahrens zeigt Abb. 1*). Durch den Hilfskontakt HK des fernüberwachten Schalters wird die Fernleitung L_1 je nach der Stellung des Schalters entweder an den positiven oder an den negativen Pol der Stromquelle gelegt. Damit wird jeweils das an den Gegenpol angeschlossene Melderelais RA oder RE zum Ansprechen gebracht, während das an den gleichen Pol angeschlossene Relais durch die Steuerleitung überbrückt und dadurch zum Abfallen gebracht wird. Die im gleichen Stromkreis in Reihe mit den Melderelais liegenden Steuerrelais STA und STE können durch den Meldestrom nicht ansprechen. Eine Kontaktgabe durch die Steuerrelais erfolgt erst dann, wenn durch die Steuerdruckknöpfe DA oder DE die Relaiswicklungen RA oder RE überbrückt werden und dadurch die Stromstärke entsprechend erhöht wird. Der Steuerstromkreis wird nach Ausführung der Schaltung selbsttätig durch den Hilfskontakt HK am ferngesteuerten Schalter unterbrochen. Nach Rückkehr des Steuerdruckknopfes in seine Ruhelage wird das Melderelais umgeschaltet.

In der Ausführung (DRP angemeldet) wird bei der AEG-Eindrahtsteuerung an Stelle von zwei getrennten Melderelais RA und RE ein gemeinsames, als Kipprelais ausgebildetes Relais verwendet. (Abb. 2). Die Kontakte dieses Kipprelais schalten die Meldelampen LA und LE und ein Lautzeichen ein, das auf eine Aenderung der Schalterstellung besonders aufmerksam macht.

Durch einen Prüfdruckknopf DP kann die gesamte Anlage jederzeit auf ihre Betriebsbereitschaft geprüft werden, indem vorübergehend die zum gesteuerten Werk führenden Rückleitungen umgepolt werden. Dadurch werden sämtliche Rückmelderelais veranlaßt, umzuschalten und Stellungsänderungen der überwachten Schalter zu melden. Nach dem Loslassen des Druckknopfes DP schalten alle Melderelais in die ursprüngliche Lage zurück. Wenn diese Vorgänge ordnungsgemäß erfolgen, sind sämtliche Teile der Anlage, also die Fernleitungen, Relaiswicklungen, Schalterhilfskontakte und Meldelampen in einwandfreiem Zustand.

Für den Betrieb der Eindrahtsteuerung ist in einem der beiden Werke eine Hilfsstromquelle erforderlich, die zweckmäßig in der Steuerstelle zur gleichzeitigen Speisung der Meldelampen untergebracht wird. Die AEG-Eindrahtschaltung arbeitet nicht nur mit Gleichstrom, sondern auch mit Wechselstrom; die Relais lassen sich für Spannungen von 12···220 V Gleich- oder Wechselstrom auslegen.



Schaltrelais Rückmelderelais (DRP)

Abb. 2. Relais der Eindrahtsteuerung.

Die durch das Eindraht-Fernsteuerverfahren überbrückbaren Entfernungen sind von der Höhe der Hilfsspannung und dem Querschnitt der Fernleitungen abhängig. Aus Abb. 3 sind die bei den üblichen Leiterquerschnitten erreichbaren Entfernungen in Abhängigkeit von der Steuerspannung zu entnehmen. Die Werte gelten angenähert, und zwar für Steuerung und Rückmeldung bei Gleichstrom. Bei reinen Rückmeldeanlagen erhöht sich die Reichweite wesentlich durch Fortfal der Steuerrelais. Schwankungen der Hilfsspannung um ± 15 % sind entsprechend berücksichtigt.

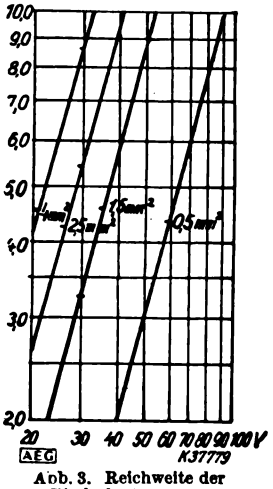


Abb. 3. Reichweite der Eindrahtsteuerung.

Zwischen Steuerstelle und gesteuertem Werk erfordert das Eindrahtverfahren zwei gemeinsame Rückleitungen, außerdem für jeden fernzusteuernden und rückzumeldenden Schalter einen weiteren Hilfsdraht, also für n Schalter n + 2 Leitungen. Wenn in beiden Werken das gleiche Netz zum Betrieb der Eindrahtsteuerung zur Verfügung steht, sind die beiden gemeinsamen Rückleitungen nicht erforderlich, da dann das Netz selbst die Rückleitung bildet.

Für größere Entfernungen zwischen Steuerstelle und gesteuertem Werk kommt das Eindrahtverfahren aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Betracht, da Anzahl und Querschnitt der Fernleitungen zu hohe Kosten erfordern würden. Dann wird mit Vorteil das AEG-Wählerverfahren angewendet.

*) Siehe auch AEG-Druckschrift K 4/1009.

Digitized by Google

Stellengesuche

Betriebsbuchhalter

30 J., mit abgeschl. kaufm. Ausbildung, bilanzsicher, Spezialkenntn. auf dem Gebiet der Selbstkostenrechnung, 6jähr. ununterbrochene Praxis in der Elektroindustrie u. Verwaltung. Ang. erb. u. E. 8064 an d. Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Meister

34 J. alt, 1. Kr., sucht Dauerstellung z. 1. 3. od. 1. 4. 37 bei Staat, Stadt oder EW. als Abnahmebeamter oder sonst leit. Stellg. Konz. u. lehrber. Tücht. Projektbearb., Montageleit. u. Kalkulator. Z. Z. in ungekündigter Stellg. a. Montage-Insp. Gefl. Zuschr. erb. u. E. 8061 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9.

Elektroingenieur

Installationsfachmann, 34 J., sucht Dauerstelle bei Behörde oder EW. Angebote unter E. 8079 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ing. Sudetendeutscher

Absolv. d. Technikums Mittweida, sprachengewandt, 7 Jahre i. Übersee gewesen, sucht passenden Wirkungskreis als Betriebsleiter oder Montageingenieur. Off. unt. „Sudetendeutscher Ing." postlag. Seidenberg O. L. [8073]

Dr.-Ing.

seit 1923 ununterbrochen in der Praxis selbständig u. verantwortlich tätig, sucht sich zu verändern.

Geboten werden: Vielseitige theoretische Kenntnisse auf dem Gebiet der Starkstromtechnik und Elektrizitätswirtschaft. Nachweislich erfolgreiche und leitende Tätigkeit im Entwurf, Verkauf, Bau und Betrieb elektrischer Industrie-, Kraftwerks- und insbes. Bergwerks- und Hüttenanlagen. Wärmetechn. Kenntnisse. Beste Zeugnisse u. Referenzen.

Alter: Mitte Dreißig.

Gewünscht wird: Verantwortliche Leitung auf gleichem oder ähnlichem Gebiet bei Industrie- oder Stromversorgungsunternehmen.

Angebote erbeten unter E. 8042 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Diplom-Ingenieur

Arier, Ende 30, verheiratet, langjährige selbständige Tätigkeit bei großem Elektrizitätsunternehmen, guter Organisator, sucht neuen Wirkungskreis in der Elektrizitätswirtschaft in

verantwortlicher leitender Stellung,

wo er seine Erfahrungen in Wirtschaft, Betrieb und Verwaltung verwerten kann.

Angebote erbeten unter E. 8058 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Ingenieur,

Radioröhrenfachmann

37 Jahre, langjährige Erfahrung im Bau von Verstärker-Gleichrichterröhren, Labor- und Betriebspraxis, mehrere Jahre Betriebsleiter einer Firma, sucht verantwortungsvolle und ausbaufähige Stellung. Angebote erbeten unt. E. 8062 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Diplom-Ingenieur

Mitte 30, arisch. Abstammung, i. ungekündigter Stellung, gewöhnt an selbständiges Arbeiten, mit umfangreichen Erfahrungen als Sachbearbeiter des Großabnehmer-Vertrags- und Tarifwesens, sowie auf den Gebieten der Elektrizitätswirtschaft, des Baus und Betriebes von Hoch- und Niederspannungs-Freileitungsnetzen, Netzstationen,

sucht entwicklungsfähigen Wirkungskreis in Stromversorgungsunternehmen.

Angeb. erb. unt. E. 8049 an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur

29 Jahre, ledig, mit Praxis in **Schwachstrom** — Radio und Batteriebau — in **Starkstrom** — Installation, Fernleitungsbau und Eisenkonstrukt., Auslandspraxis in London und Buenos-Aires — sucht bei bescheidenen Ansprüchen Stellung. Angebote unter E. 8069 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Diplom-Ingenieur der Elektrotechnik

mit langjährigen Erfahrungen im Planen und Bau von Bergwerksmaschinen aller Art, in ungekündigt. Stellung, Anfang 30. sucht neuen Wirkungskreis. Ang. u. E. 8040 an die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9

Dr.-Ingenieur

38 J., Arier, verh., Süddeutscher, umfangreiche Kenntnisse auf dem Gebiet der Schaltanlagen, Leitungen und Antriebe, vieljährige Praxis bei Großfirma, Erfinder und Organisator, sucht neuen Wirkungskreis in leitender Stellung.

Angebote unter E. 8083 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Wir suchen

Laboratoriums-Ingenieure

für die Entwicklung wärmetechnischer Meßapparate.

Ferner

Konstrukteure und Zeichner

für Maschinenbau, Gas- und Elektroapparatebau.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen erbeten an

Julius Pintsch Aktiengesellschaft
Personalabteilung [8081]
Berlin O 27, Andreasstraße 71/73

Elektro-Maschinenfabrik sucht für ihr Außenbüro **Leipzig** in verantwortungsvolle und vollkommen selbständige Position zum möglichst sofortigen Eintritt einen tüchtigen, bestens eingeführten

Vertriebs-Ingenieur

mit gediegenen Fachkenntnissen und akquisitorischen Fähigkeiten, der in der Lage ist, den bereits vorhandenen Kundenkreis zu pflegen und zu erweitern,

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Referenzen unter E 8075 an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Fortsetzung auf Seite 18.

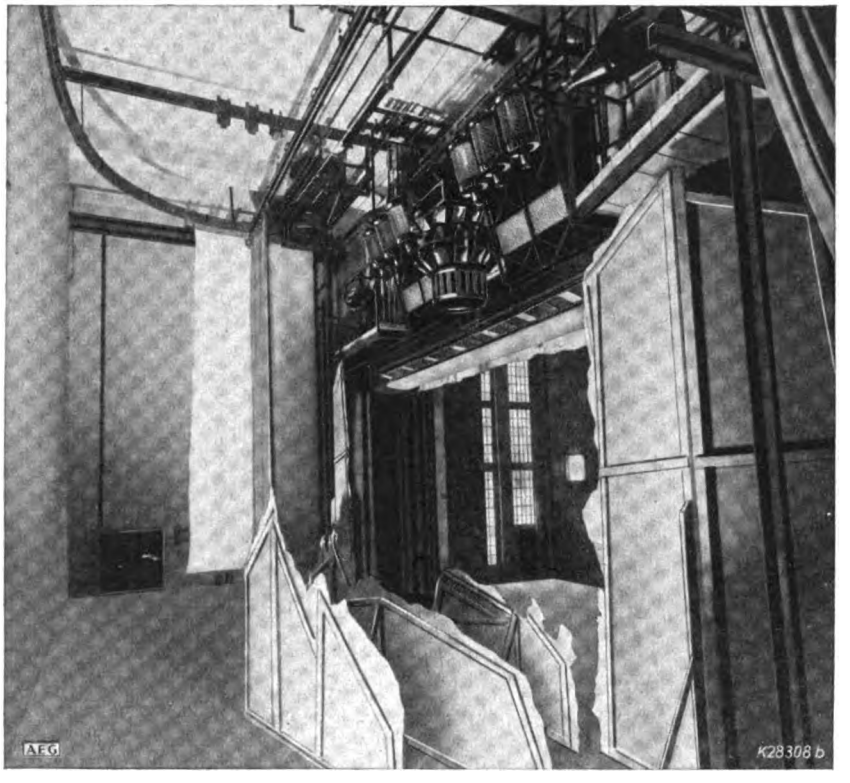
Digitized by Google

Die Beleuchtungseinrichtungen der AEG-Versuchsbühnen.

Mitteilung der AEG.

In der neuzeitlichen Bühnentechnik spielt die Beleuchtungseinrichtung eine sehr wichtige Rolle; mit ihrer Hilfe lassen sich eindrucksvolle Bühnenbilder und Stimmungen schaffen, die für den Publikumserfolg einer Inszenierung nicht unterschätzt werden dürfen. Zu einer Bühnenbeleuchtungsanlage gehört eine Anzahl verschiedener Leuchten, Scheinwerfer, Bildwerfer usw. Um die Bühnenwirkung und den Betrieb dieser Geräte erproben und vorführen zu können, unterhält die AEG in Berlin zwei Versuchsbühnen, eine im „Haus der Technik" (s. Abb.) und eine im Gebäude der Zentralverwaltung.

Diese Versuchsbühnen haben einen Rundhorizont und sind mit neuzeitlichen bühnentechnischen Beleuchtungseinrichtungen ausgerüstet, mit denen alle gewünschten Farbwirkungen, weiche Uebergänge von einer Farbe zur anderen sowie feinstufige Reglung von voller Helligkeit bis zur völligen Verdunklung erzielt werden können. Die Steuerung kann entweder mechanisch durch Seilzüge oder elektrisch durch mehrere Stromkreise erfolgen, in denen die Stromstärke durch Regelwiderstände oder Regelumspanner verändert werden kann. Jedem Stromkreis entspricht eine Farbe; meist sind vier Stromkreise vorhanden, entsprechend den Farben weiß, gelb, rot und blau.



Beleuchtungsanlage auf der Versuchsbühne in der AEG-Ausstellung der Fabriken, aus der Kulisse gesehen.

Auf mechanischem Wege wird in den AEG-Versuchsbühnen die Fußrampenbeleuchtung gesteuert; die Rampenkörper können — ebenfalls durch Seilzug — um eine Längsachse gedreht und damit auf Direkt- oder Indirektstrahlung geschaltet werden. Auch die zur Beleuchtung des Rundhorizonts vorgesehenen Horizontleuchten sind mit seilzuggesteuerter Farbenwechsel- und Verdunklungsvorrichtung ausgerüstet. Diese stark streuenden Leuchten haben einen entscheidenden Einfluß auf die Stimmung des Bühnenbildes; sie müssen daher besonders fein einstellbar sein.

Für die einfachere elektrische Steuerung sind die Ovalleuchten eingerichtet, welche die Wirkung der Horizontleuchten unterstützen. Sie sind mit zylindrisch gebogenem Farbglas abgedeckt, und zwar sind mehrere Leuchten mit jeweils grünem, gelbem, rotem und verschieden getöntem blauen Farbglas vorgesehen. Damit die Leuchten beliebig gedreht und geneigt werden können, sind sie kardanisch aufgehängt. Die Horizontbeleuchtung wird durch den Wolkenapparat vervollständigt, mit dem ziehende Wolken naturgetreu dargestellt werden. Er besteht aus einer Anzahl kleiner, in einem Kreise angeordneter Bildwerfer, die photographische Aufnahmen von Wolken auf den Rundhorizont projizieren, während die ganze Anordnung in Drehung versetzt wird. Zu den elektrisch gesteuerten Leuchten gehört ferner das Portal-Oberlicht, das sich hinter der inneren Portalumrahmung befindet. Es besteht, ähnlich wie die Fußrampe, aus einem langgestreckten Beleuchtungskörper, der in verschiedenartig abgedeckte Kammern unterteilt ist.

Die Versuchsbühnen der AEG sind ferner mit verschiedenen Spielflächenleuchten und Scheinwerfern ausgerüstet; eine auf allen Bühnen häufig benötigte Ausführung ist der Verfolgungsscheinwerfer, der gestattet, den Bewegungen des Darstellers mit dem Lichtkegel zu folgen. Einige Bühnenbildwerfer dienen dazu, Landschafts- und Szenenbilder wirkungsvoll auf dem Rundhorizont abzubilden; sie geben gleichzeitig die Möglichkeit, schnell und einfach die Szenerie zu wechseln. Durch besondere Vorrichtungen läßt sich das projizierte Bühnenbild in senkrechter oder waagerechter Richtung verzerren.

Die Bedienung aller Geräte — mit Ausnahme der Verfolgungsscheinwerfer und einiger anderer Sondereinrichtungen — erfolgt vom Beleuchterstand aus. Die Stellhebel für die seilzuggesteuerten Leuchten und die Hebel für die elektrisch gesteuerten Geräte sind in übersichtlichen Bühnenstellwerken zusammengefaßt. Für die elektrische Steuerung werden feinstufige Regelwiderstände und 100stufige Regelumspanner verwendet, deren Kontaktschlitten über Seilzüge mit den entsprechenden Hebeln des Stellwerks verbunden sind. Der Schaltraum der Versuchsbühne im „Haus der Technik" zeigt, wie übersichtlich auch auf engem Raum die Stellwerke, die Schalt- und Meßgerättafeln usw. angeordnet werden können.

Auf den Versuchsbühnen der AEG können die neuesten Ausführungen von Leuchten und Scheinwerfern vorgeführt werden. Dazu kommt eine große Anzahl verschiedenartiger Steuer- und Regelgeräte. Die Gesamtleistung aller Bühnengeräte im „Haus der Technik" beträgt etwa 30 kW. Mit diesen Versuchsbühnen liefert die AEG den Beweis, daß eine neuzeitliche Beleuchtungseinrichtung ohne Schwierigkeit und ohne Einschränkung der Spielfläche auch auf kleinen Bühnen unterzubringen ist.

Digitized by Google

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort portofrei zurückzusenden.

Die Stellungsuchenden weisen wir darauf hin, daß es zweckmäßig ist, den Bewerbungen auf Chiffre-Anzeigen keine Originalzeugnisse beizufügen. Zeugnisabschriften, Lichtbilder usw. müssen Namen u. Anschrift des Bewerbers tragen.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Stellengesuche

Betriebs-Ingenieur 29 Jahre, große Erscheinung, Österr. Hochschule, 4 Jahre Monteur-Praxis, höhere techn. Lehranstalt, Werkstättenleiter, Maschinendepot. Praxis in Hoch- und Niederspannungs-Installationsanlagen, Bau-Montage und Betriebsführung von elektr. Anlagen, dzl. ungekündigte Stellung, sucht sich zu verändern. Anträge werden erbeten unter **E. 8095** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

VERKAUFSLEITER

eines mittleren Werkes für elektrotechnische Spezialartikel und Installationsmaterial, zielbewußter Elektrokaufmann, 35 Jahre, sucht neuen Wirkungskreis als Abteilungsdirektor oder für ähnliche verantwortliche Position. Angebote unter **E. 8109** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Dipl.-Ing. der Fernmeldetechnik, 28 Jahre, in ungekündigter Stellg. b. Großfirma, sucht ausbaufähg. neuen Wirkungskreis. 3jähr. Lab.praxis, gute Zeugn., viels. Kenntn., besond. Erfahrg. in Meßtechnik, Hochfrequenz- u. Verstärkertechnik vorhanden. Verantwortungsv., selbständ. Posten gesucht. Auch lehramtl. od. literar. Tätigkeit kommt in Frage. Angeb. u. **E. 8103** an die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Elektro-Ingenieur

39 J. alt, Arier, Fachschulbild., mehr. Jahre b. Großfirma a. d. Geb. d. Fernsprech- u. Fernmeldekabeltechn., Kabelgarnituren u. Zubehör tätig gew. (Offertw., Listenbearb.), gute grundleg. Kenntn. d. Radio- u. Hochfrequ.-Techn., z. Z. selbst. i. Radio-Repar., sucht neue Stellung, Süd- u. Westdeutschl. bevorzugt. Angeb. erbet. u. **E. 8105** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9

ETZ-Anzeigen verbürgen großen Erfolg

Kabelmeßtechniker

für Fernkabel u. Fernmeldekabel aller Art, langjähr. Erfahrung, zuverlässiges, selbständ. Arbeit., Montagepraxis, sucht sich zu verändern. Ang. u. **E. 8098** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Stellenangebote

Für die selbständige Entwicklung von Luftfahrtmeßgeräten wird ein **Diplom-Ingenieur** oder bewährter **Fachschul-Ingenieur** gesucht.

Vorkenntnisse auf diesem Sondergebiet sind erwünscht; wichtiger sind jedoch umfassende Kenntnisse und Erfahrungen in der allgemeinen und elektrischen Meßtechnik.

Bewerbungen mit handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften sowie Angaben über Gehaltsansprüche und frühesten Eintrittstag sind zu richten an das Sekretariat A der [8106]

H&B **HARTMANN & BRAUN AG.**
FRANKFURT/MAIN-WEST 13

Jüngerer (Dipl.-) Ingenieur

mit guten Kenntnissen auf dem gesamten Gebiet der Starkstromtechnik gesucht zur Ausarbeitung von Kostenanschlägen und zur Werbung bei Industrie und Behörden. Angebote erbeten an

AEG-Büro Stettin, Hohenzollernplatz 3

mit Angabe des frühesten Eintrittstermins und der Gehaltsansprüche, mit Lebenslauf und Lichtbild, sowie mit Nachweis der bisherigen Tätigkeit. [8097]

Strebsamer Elektro-Ingenieur

(Dipl.-Ing.), möglichst erfahren im Elektro-Schweißmaschinenbau für Konstruktion und Bau solcher Maschinen in selbständige ausbaufähige Dauerstellung gesucht. Ausführliche Bewerbungen mit lückenlosem Lebenslauf und Zeugnisabschriften sowie Gehaltsansprüchen erbeten unter **E. 8068** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Mittlere Fabrik elektr. Meßinstrumente sucht zur Unterstützung des Betriebsführers für die Leitung des Betriebes einen **wirklich fachkundigen,** konstruktiv begabten, sehr arbeitsfreudigen

Meßinstrumentenfachmann,

der durch umfassende Sachkenntnis und reiche Erfahrung eine willige, eingearb. Gefolgschaft mitreißen u. durch planmäßige Arbeitsein- u. -verteilung f. sorgf. Arbeit sorgt u. terminger. u. rentabel arbeitet. Es kommen nur Ingenieure mit vieljähriger praktischer Betriebserfahr. in Betracht, d. Erfolge nachw. könn., also keine reinen Theoretiker, die mehr woll. als sie könn. F. tücht. tr. Mitarb. besteht b. Bew. gute Entwicklungsmöglichk. Bewerb. m. Werdeg., Anspr., Eintrittsterm. u. Angabe d. Spezialkenntn. erb. u. **E. 8108** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9.

Fortsetzung auf Seite 16

Digitized by Google

Das AEG-Wähler-Fernsteuerverfahren.

Mitteilung der AEG.

Das Wählerverfahren der AEG ermöglicht die Fernbedienung elektrischer Anlagen über große Entfernungen und erfordert für die Fernsteuerung und Stellungsfernmeldung beliebig vieler Schalter nur einen einzigen Verbindungskanal zwischen dem steuernden und dem gesteuerten Werk. Zur Uebertragung von Steuer- und Meldevorgängen werden Stromstöße über den Verbindungskanal übermittelt. Diese steuern Auswahlvorrichtungen in der fernbedienten Station, durch die das jeweils zu schaltende Gerät ausgewählt wird.

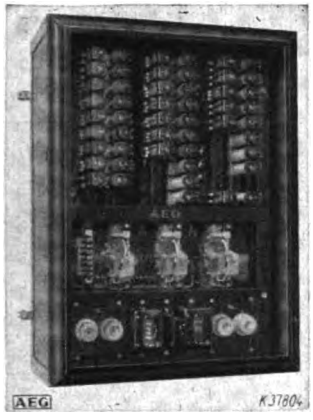


Abb. 1. Kleine Fernsteuereinrichtung im Wandrahmen

Als Auswahlvorrichtungen werden die in der Fernsprech-Selbstanschlußtechnik bewährten Wähler und Relais verwendet. Jedem fernzusteuernden Schalter wird eine Kennziffer zugeordnet. Zur Einstellung des Empfangswählers auf den betreffenden Schalter sendet die Steuerstelle eine der Kennziffer des Schalters entsprechende Anzahl von Stromstößen zur gesteuerten Station; dazu dient ein Impulsgeber, der selbsttätig nach Bedienung des Steuerschalters die dem gewünschten Schalter zugeordnete Impulsfolge aussendet.

Im Gegensatz zu den Schaltungen der Fernsprechtechnik müssen bei den Fernsteuereinrichtungen Maßnahmen gegen Fehlauswahl und damit gegen Fehlschaltungen getroffen werden. Würde der Impulsgeber z. B., um den Schalter mit der Kennziffer 3 fernzusteuern, einfach drei Stromstöße aussenden, so bestände die Gefahr, daß bei Störungen der Impulsaussendung oder -übertragung vielleicht nur zwei Impulse übermittelt würden. Damit würde fälschlich an Stelle des Schalters 3 der Schalter mit der Kennziffer 2 ausgewählt und gesteuert werden. Um diese Gefahr zu beseitigen, läßt man den Impulsgeber selbsttätig außer der der Kennziffer entsprechenden Impulsfolge nach einer Pause jeweils so viele Ergänzungsimpulse aussenden, daß die Gesamtzahl der Stromstöße für alle Fernsteuerbefehle gleich ist. Wird also beispielsweise die Zahl 10 als Gesamtimpulszahl angewendet, so ist der Schalter Nr. 3 durch $3+7=10$, der Schalter Nr. 8 durch $8+2=10$ Impulse gekennzeichnet. Die Empfangseinrichtung führt einen Steuerbefehl nur dann aus, wenn insgesamt nicht mehr und nicht weniger als 10 Impulse aufgenommen wurden; andernfalls geht die Einrichtung selbsttätig in die Ruhelage zurück. Auf diese Weise werden Fehlschaltungen durch Störungen der Impulsübertragung mit Sicherheit verhindert.

Bei größeren Schalterzahlen wird eine Gruppenvorwahl durchgeführt; zunächst wird die Wählergruppe ausgewählt, welcher der Schalter angehört, und im Anschluß daran erfolgt die Auswahl des Schalters selbst. Da bei der Uebertragung mit 8 ··· 10 Stromstößen je Sekunde gearbeitet wird, dauert der Auswahlvorgang, an den sich der Schaltvorgang unmittelbar anschließt, auch bei größeren Schalterzahlen nur einige Sekunden. Die Ausführung des Schaltbefehls wird der Steuerstelle sofort zurückgemeldet; der Wähleraufbau bleibt solange erhalten. Der nach dem Schaltvorgang von der gesteuerten Station zur Steuerstelle gesandte Meldeimpuls bewirkt eine Umsteuerung der Anzeigemittel auf der Schalttafel, so daß die der neuen Schalterstellung entsprechende Meldung fast gleichzeitig mit dem Stellungswechsel des Schalters angezeigt wird. Mehrere gleichzeitige Meldungen werden durch einen einzigen Wählerumlauf übermittelt.

Von der Steuerstelle aus kann ein Prüfvorgang eingeleitet werden, der die Einrichtung veranlaßt, zu beliebigen Zeiten sämtliche Stellungsmeldungen von neuem zu übertragen. Dabei werden zunächst selbsttätig alle Meldungen gelöscht und dann die Anzeigemittel durch den Prüfvorgang neu eingestellt. Diese Prüfung erstreckt sich also auf sämtliche Teile der Wählereinrichtung, den Uebertragungskanal, die Meldelampen und die Hilfskontakte an den überwachten Schaltern.

Für die Uebertragung der Steuer- und Meldevorgänge können alle Möglichkeiten der Impulsübertragung ausgenützt werden: Uebertragung mit Gleich- oder Wechselstrom über Leitungen, Unter- oder Ueberlagerung auf besprochenen Fernsprechleitungen, Hochfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen usw. Damit lassen sich Entfernungen von Hunderten von Kilometern überbrücken.

Der Betrieb der Wähleinrichtungen erfordert in jeder Station eine Gleichstromquelle von 24 oder 60 V.

Bei Anlagen kleineren Umfangs werden die Wähler und Relais in Wandrahmen untergebracht (Abb. 1). Für größere Anlagen hat sich dagegen der Einbau in Schränke bewährt. Abb. 2 zeigt den Fernsteuerschrank eines Bahn-Gleichrichterwerkes. Ein sehr zweckmäßiger Aufbau wird dadurch erreicht, daß im unteren Teil des Schrankes die Reihenklemmen für den Anschluß der zu den fernbedienten Schaltern führenden Hilfskabel untergebracht werden. Die mit den Schalterantrieben in Verbindung stehenden Endrelais der Fernsteuereinrichtungen werden als Starkstromrelais ausgeführt. Sie sind getrennt von den Schwachstromgeräten angeordnet, die im rechten Teil des Schrankes angeordnet sind. Anschlußklemmen, Endrelais und Wähleinrichtung sind getrennt zugänglich.

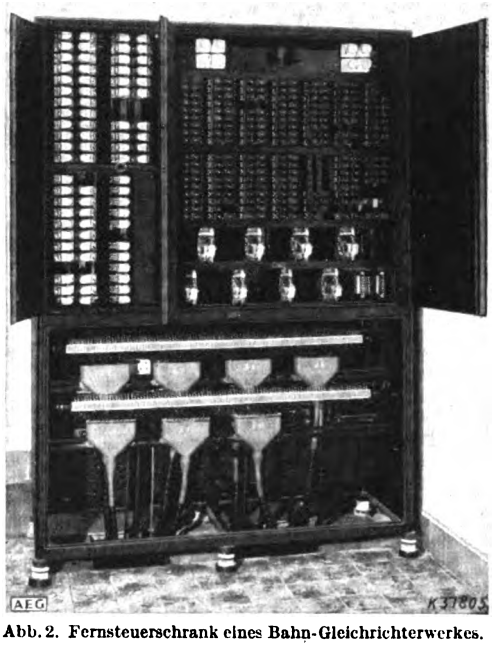


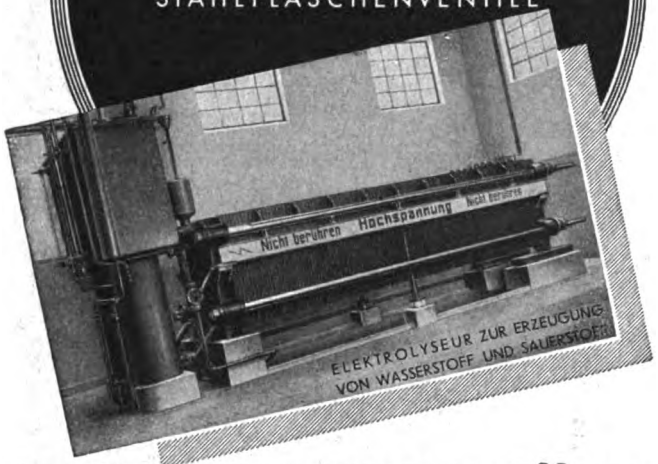
Abb. 2. Fernsteuerschrank eines Bahn-Gleichrichterwerkes.

Bei nicht zu vielen Schaltern und geringeren Entfernungen zwischen Steuerstelle und gesteuertem Werk ist es unter Umständen zweckmäßig, an Stelle des Wählerverfahrens das AEG-Eindraht-Fernsteuerverfahren anzuwenden, bei dem außer zwei für alle Schalter gemeinsamen Rückleitungen für die Fernsteuerung und Fernmeldung eines Schalters jeweils eine Fernsteuerleitung gebraucht wird*).

*) Siehe auch AEG-Druckschrift K 4/1009.

Digitized by Google

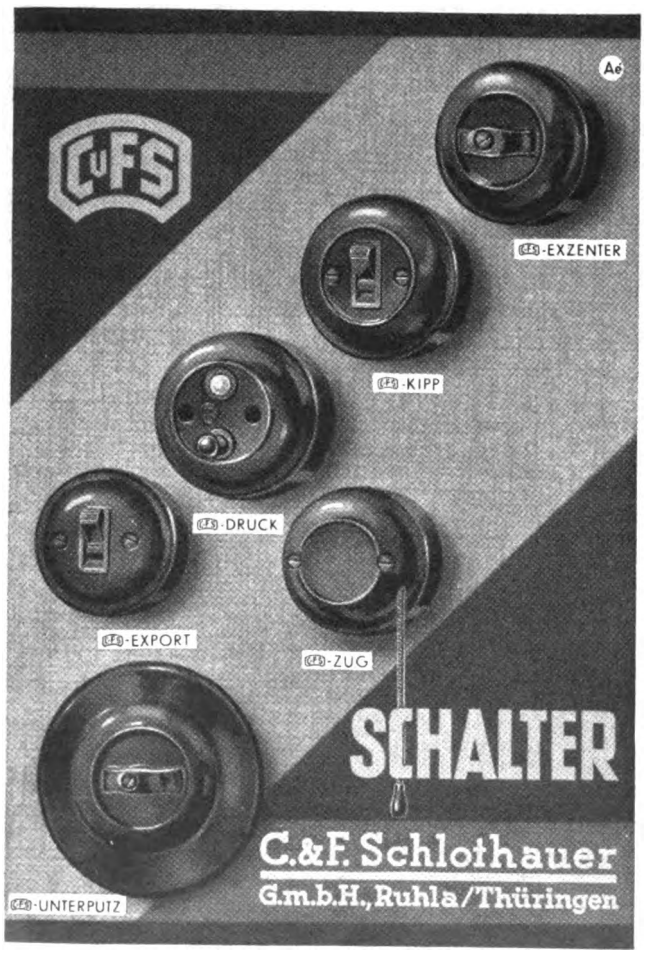
Linde
KOMPRESSOREN FÜR ALLE GASE
KOHLENSÄURE-ANLAGEN
TROCKENEIS-ANLAGEN
ELEKTROLYSEURE ZUR ERZEUGUNG VON WASSERSTOFF UND SAUERSTOFF
STAHLFLASCHENVENTILE



MASCHINENFABRIK SÜRTH
Zweigniederlassung der Gesellschaft für Linde's Eismaschinen A.-G.
Sürth bei Köln

Sammelumschalter
mit Handrad- und Einzelhebelbetätigung

WILHELM QUANTE
Spezialfabrik für Apparate der Fernmeldetechnik
WUPPERTAL-ELBERFELD
Uellendahlerstraße 353 • Fernsprecher: S.-Nr. 22211
Drahtanschrift: Quante



SCHALTER
C.&F. Schlothauer
G.m.b.H., Ruhla/Thüringen

WIDERSTANDSMATERIAL
VDW SCHWERTE
DIN VDE 6461, WM 110, WM 100, WM 50, WM 43

Ia Ia	0,48–0,50 Ohm
Nickelin I	0,41–0,43 Ohm
Neusilber 2a	0,36–0,38 Ohm
Chromnickelstahl	0,88 Ohm
Chronin 85	0,85 Ohm (techn. eisenfrei)
Chronin 100	1 Ohm (techn. eisenfrei)
Ferrochronin	1,10 Ohm

Für Thermoelemente:
Ia Ia, Nickel C, Chronin 85
liefert seit Jahrzehnten in anerkannter Qualität

VEREINIGTE DEUTSCHE NICKEL-WERKE A.-G.
vormals
Westfälisches Nickelwalzwerk Fleitmann, Witte & Co.
SCHWERTE (RUHR)

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 08040 0875

BOUND

SEP 7 19[illegible]

UNIV. OF MICH.
LIBRARY

Digitized by Google